

CH. CAZABAT
P. DEMATHIEU
J. DUPUIS
F. VERGER PI

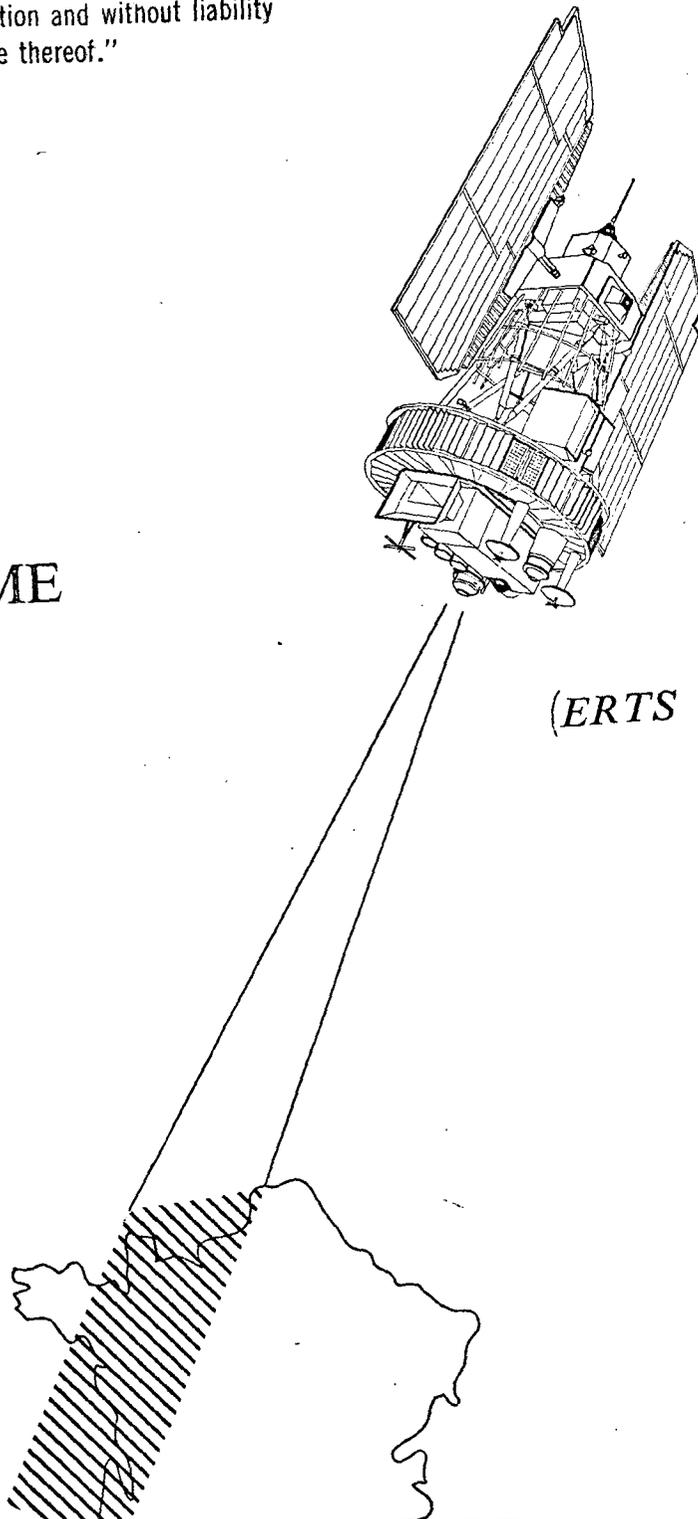
E72-10211
CR-128482

"Made available under NASA sponsorship
in the interest of early and wide dis-
semination of Earth Resources Survey
Program information and without liability
for any use made thereof."

PROGRAMME

FRALIT

(ERTS A)



(E72-10211) THE FRALIT TELEDETECTION
PROGRAM, USING THE ERTS-A SATELLITE, FOR
THE OCEANIC LITTORAL OF FRANCE F. Verger,
et al (Ecole Pratique des Hautes Etudes)
[1972] 10 p

N73-11306

Unclas
00211

CSCL 08J G3/13



Le Programme Fralit

Téledétection, par le satellite ERTS-A*, du littoral océanique de la France

Déjà soupçonné lors des premières études de téledétection, l'intérêt de l'observation à partir de l'espace, pour l'étude des phénomènes concernant l'eau, la végétation, la morphologie et les sols de la Terre, est apparu encore plus nettement lors des vols habités Gemini et Apollo. Aussi la NASA a-t-elle établi un programme d'étude des Ressources Terrestres qui a été approuvé en 1969. Le porte-parole du Comité des Sciences et de l'Astronautique à la Chambre des Représentants des Etats-Unis a présenté ce projet comme l'investissement le plus rentable de tous les programmes spatiaux jusqu'à ce jour. Dans un souci de collaboration internationale, la NASA a offert aux pays étrangers de proposer des expériences dans le cadre du programme des satellites technologiques d'étude des ressources terrestres : satellites ERTS-A, puis ERTS-B (Earth Resources Technology Satellite).

En mars 1971, une équipe composée des co-signataires de cet article a présenté à la NASA sous couvert du Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) un projet de recherches dans le cadre des études faites grâce au satellite ERTS-A. Ce programme, intitulé FRALIT (French Atlantic Littoral), concerne l'étude par téledétection du littoral français de l'Atlantique et de la Manche.

Caractères Généraux d'ERTS-A

Le satellite ERTS-A a été lancé en juillet 1972 par une fusée Delta à partir des Etats-Unis. Les caractéristiques de ce satellite qui intéressent le programme FRALIT sont essentiellement son orbite, ses horaires de passage et la nature du matériel de téledétection embarqué (1).

Orbite : L'orbite d'un satellite destiné à l'étude des ressources terrestres doit satisfaire à certaines conditions. En effet, il est essentiel que les photographies de régions différentes, ou d'une même région à des instants différents, soient comparables entre elles ; les échelles doivent donc être aussi constantes que possible, ainsi que les conditions d'éclairement.

Que l'échelle soit constante est à peu près réalisé par une orbite circulaire. Les caractéristiques des appareils de prise de vue, l'échelle recherchée et d'autres considérations ont conduit à choisir pour ERTS-A l'altitude de 912 km, ce qui entraîne une période d'environ 103 minutes.

Que l'éclairement soit aussi peu variable que possible est plus délicat à réaliser : pour ce faire, l'angle de la direction Terre-Soleil avec le plan de l'orbite doit être le plus constant possible, ce que l'on réalise en choisissant une orbite qui précessionne dans le même sens et à la même vitesse angulaire que le mouvement du Soleil moyen autour de la Terre (environ un degré par jour). Le calcul montre que l'orbite doit alors être rétrograde, avec une inclinaison de $99^{\circ}09'$. Dans ces conditions, le passage sur un point de la face éclairée de la Terre se fait du Nord-Est vers le Sud-Ouest, l'azimut à l'équateur de la direction d'où provient le satellite étant de $9^{\circ}09'$. Tous les points de la Terre sont survolés, sauf ceux qui se trouvent à moins de $9^{\circ}09'$ des pôles. Une telle orbite est qualifiée d'héliosynchrone (Figure 1).

Il reste alors à choisir l'angle de la direction Terre-Soleil avec le plan de l'orbite. On l'a pris d'environ $37^{\circ}30'$ afin que l'heure en *temps civil local* au *nœud descendant* soit d'environ 9 h 30. Aux différentes latitudes, l'heure du passage (en temps civil local) est un peu différente de 9 h 30 du fait de l'inclinaison, mais cette heure ne dépend que de la latitude. Ce qui ne veut pas dire qu'en *temps légal*, ceci soit vrai, car l'heure légale est définie par zones conventionnelles. Ainsi, si l'on suppose que l'heure légale est l'heure du fuseau horaire, si à la révolution n , le nœud descendant est au milieu d'un fuseau, l'heure légale est égale à l'heure civile locale, c'est-à-dire 9 h 30. A la révolution suivante $n + 1$, le nœud descendant n'est plus dans le même fuseau mais dans un fuseau situé deux fuseaux plus à l'Ouest, et n'en est pas au milieu. L'heure civile locale est alors toujours de 9 h 30, mais on calcule aisément que l'heure légale correspondante est de 9 h 13 (9 h 30 + 103 minutes — 2 heures = 9 h 13) et ainsi de suite... Pour la révolution $n + 2$, le passage au nœud descendant se fait à l'heure légale 9 h 56 (9 h 13 + 103 minutes —

* ERTS-A a pris, lors de son lancement, le nom d'ERTS-1.

(1) Quelques termes techniques, imprimés en italique, sont définis ou expliqués en fin d'article.

L'orbite du satellite ERTS-A

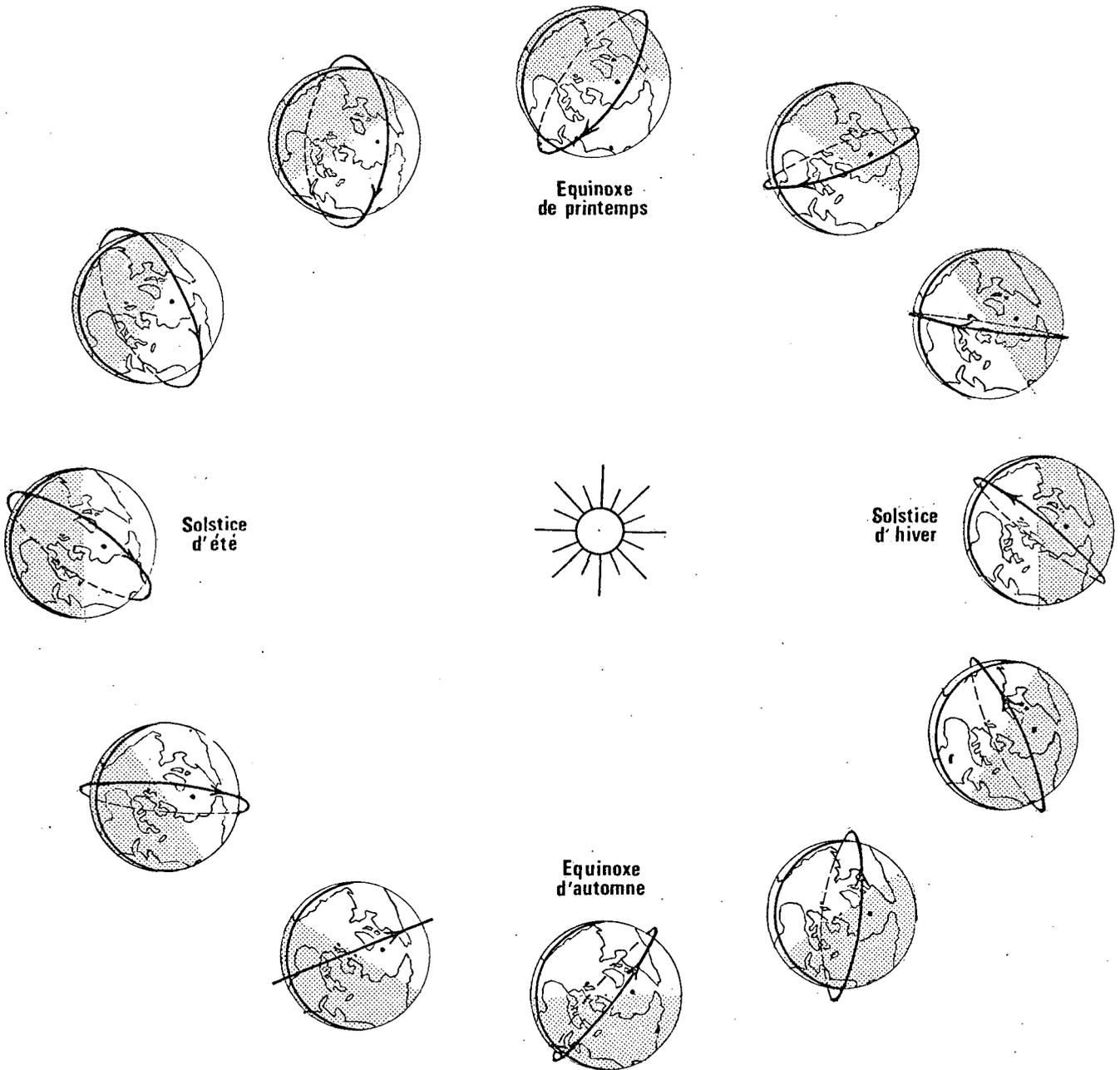


Figure 1. — Figure réalisée dans le plan de l'écliptique. Le pôle nord, l'équateur, le contour des continents et les saisons dans l'hémisphère nord ont été indiqués. Remarquer la précession du plan de l'orbite du satellite (360° en un an) ainsi que la petitesse des variations de l'angle entre le plan de l'orbite et la direction du soleil (environ $37^\circ 30'$).

1 heure), pour la révolution $n + 3$, à 9 h 40... etc... Remarquons que si l'heure civile locale du passage au nœud descendant est constante, l'heure solaire vraie correspondante ne l'est pas tout à fait et peut s'écarter d'une quinzaine de minutes de la moyenne. Il en est de même de l'angle de $37^{\circ}30'$ qui peut varier de quelques degrés.

Les passages successifs se décalent vers l'Ouest d'une quantité qui est à l'équateur de 2869 km environ. Après 14 révolutions, c'est-à-dire après 24 heures et quelques minutes, le satellite ne repasse pas au-dessus du même endroit que la veille, mais 159 km plus à l'Ouest (pour l'équateur toujours) (Figure 2). Par

suite de ce décalage journalier, la zone comprise entre deux révolutions successives est balayée en 18 jours ($2869,2/159,4 = 18$). Autrement dit, tous les 18 jours, le satellite repasse exactement au-dessus du même point. Les paramètres de l'orbite sont contrôlés et corrigés de façon à ce que cette coïncidence soit la plus rigoureuse possible et nous avons vu que ce passage se fait toujours à la même heure.

Description du satellite : Le satellite ERTS-A utilise la structure des satellites météorologiques de type Nimbus. La partie « inférieure », c'est-à-dire celle qui est constamment dirigée vers la Terre par le système

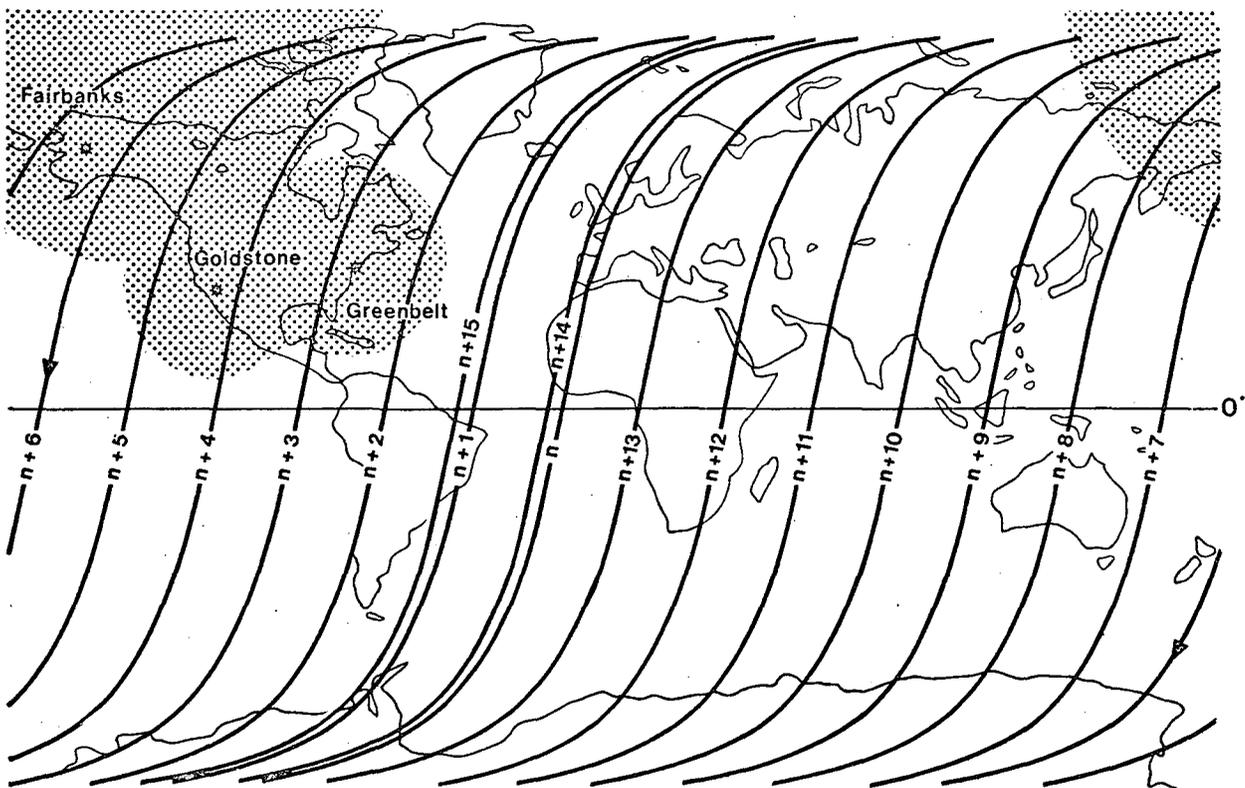


Figure 2. — Les passages du satellite.

Entre les révolutions n et $n + 1$, le déplacement du nœud descendant est d'environ 2 869 km vers l'Ouest, et ainsi de suite pour les révolutions suivantes. Le nœud de la révolution $n + 14$ ne coïncide pas avec celui de la révolution n , mais se trouve 159 km plus à l'Ouest.

Les aires dans lesquelles le satellite est en vue d'une au moins des trois stations au sol ont été figurées en pointillé.

de commande d'attitude, contient les capteurs et l'électronique de réception et d'émission. La partie « supérieure » rassemble les organes de stabilisation, de commande d'attitude et les panneaux solaires. Des poutrelles métalliques relient ces deux parties. Le poids total est d'environ 950 kg, la hauteur de 3 mètres, le diamètre, de 1,50 mètre sans les panneaux solaires, dépasse 3 mètres lorsque ceux-ci sont déployés (Figure 3).

Le système de commande d'attitude : L'axe des appareils de prise de vue doit être très proche de la verticale. Cela implique un contrôle et d'éventuelles corrections des mouvements de roulis et de tangage. De plus, pour que l'assemblage des images obtenues par les caméras de télévision soit facile et surtout pour que les enregistrements de détecteurs à balayage soient exploitables, il est nécessaire de contrôler aussi les mouvements en lacet. Les vitesses angulaires des

mouvements selon ces trois axes sont également surveillés et corrigés. Le système actif qui commande l'attitude comprend des senseurs d'horizon à balayage circulaire, un gyroscope, trois volants inertiels actionnés par des moteurs et calés chacun suivant les axes de roulis, tangage et lacet, servant au contrôle fin. Des tuyères à gaz permettent d'assurer les corrections

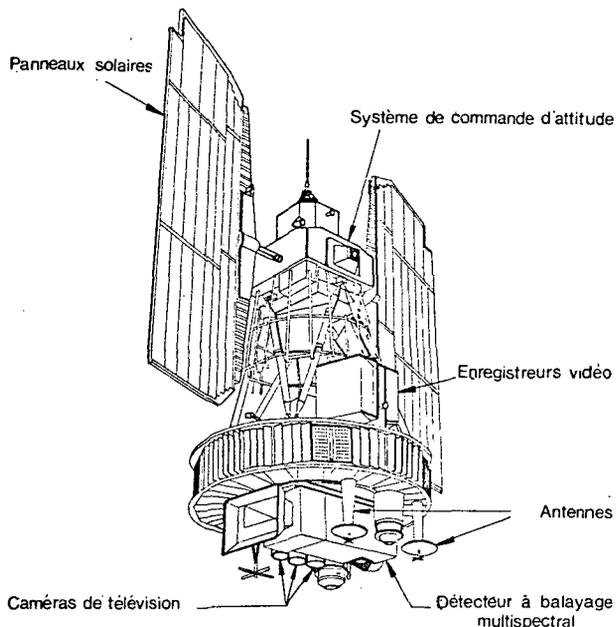


Figure 3. — Le satellite ERTS-A (d'après le Data Users Handbook de la Nasa).

nécessaires. La précision attendue est de 0,7 degré en lacet et de 0,4 degré pour l'alignement des axes optiques avec la verticale. Un système de mesure d'attitude, purement passif, indépendant du précédent, est aussi installé ; il permettra de connaître la position en roulis et en tangage à 0,07 degré près pour l'exploitation des données.

Les capteurs embarqués : Le satellite ERTS-A comporte plusieurs systèmes de capteurs : un ensemble de trois caméras de télévision (Return Beam Vidicon ou RBV) et un détecteur à balayage multispectral (Multispectral Scanner ou MSS). Les caméras de télévision sont équipées de tubes d'un type particulier caractérisé par la présence d'une couche mémoire qui permet le stockage de l'image après la fermeture de l'obturateur (durée d'ouverture = 12 millisecondes). L'image est explorée à raison de 1250 lignes par seconde pendant 3,5 secondes ; elle est ensuite effacée par illumination et balayage de la surface photoconductrice par un faisceau d'électrons. Le cycle se répète toutes les 25 secondes. Chaque caméra travaille dans une bande spectrale bien déterminée : la première est sensible au bleu-vert (longueurs d'onde de 0,475 à 0,575 micromètre), la deuxième au jaune-orangé et au début du rouge (0,580 à 0,680 micromètre) et la troisième au rouge plus lointain et au début de l'infrarouge (0,690 à 0,830 micromètre) (Figure 6).

Les trois caméras sont réglées pour « photographier » au même instant une même étendue terrestre de 185 km sur 185 km (Figure 4). Une ligne de balayage de télévision correspond à une bande au sol d'environ 45 mètres de largeur. Mais la résolution proprement dite, c'est-à-dire la distance minimale séparant deux objets qu'il est possible de distinguer, est d'environ 180 mètres, si le contraste est faible — ce qui sera souvent le cas —. Un carroyage de grande précision (± 5 micromètres) apparaît sur l'image et permet des repérages et des mesures ultérieures. Les variations des caractéristiques photométriques des caméras sont contrôlées au cours du vol.

Dans le détecteur à balayage multispectral, l'image du sol est envoyée dans un télescope par un miroir qui oscille de $2^{\circ}88$ à raison de 13 périodes par seconde. Ce balayage par des lignes perpendiculaires à la trajectoire couvre une bande de surface terrestre de 185 km de large (Figure 5). Dans le plan focal du télescope sont disposées vingt quatre cellules, sensibles chacune dans l'une des quatre bandes spectrales choisies, soit six cellules par bande spectrale. La présence de six groupes identiques permet de balayer six lignes en une seule oscillation du miroir. La largeur d'une telle ligne est de 79 mètres au sol, environ, et celle des six lignes de 474 mètres. Les quatre bandes spectrales choisies appartiennent au visible et au proche infra-rouge. Les détecteurs utilisés permettent d'aller plus loin et d'obtenir une meilleure différenciation dans l'infra-rouge que les caméras de télévision. La première bande spectrale va de 0,5 à 0,6 micromètre (vert), la seconde de 0,6 à 0,7 micromètre (orangé-rouge), la troisième de 0,7 à 0,8 micromètre (infra-rouge) et la quatrième de 0,8 à 1,1 micromètre (infra-rouge) (Figure 6). Les détecteurs sont des tubes photomultiplicateurs pour les trois premières bandes et des photodiodes au silicium pour la quatrième.

Une largeur de ligne de 80 mètres au sol y entraîne une résolution d'environ 300 mètres en pratique. L'information correspondant à la tache unitaire de 80 mètres \times 80 mètres au sol est codée en mots de 6 bits ; le flux d'information est de $2,5 \cdot 10^6$ bits par seconde. Des informations auxiliaires concernant notamment la synchronisation pour éliminer les irrégularités d'oscillation du miroir ou l'étalonnage d'échelles de densité sont transmises au sol.

Le recouvrement longitudinal, c'est-à-dire entre deux images successives existe pour le système de télévision. La prise de vue se fait toutes les 25 secondes ; pendant ce temps, le satellite parcourt environ 160 km. Comme la longueur au sol de chaque image est de 185 km dans le sens du vol, le recouvrement longitudinal est de l'ordre de 25 km, soit environ 13 %. Pour le système de balayage multispectral, il n'y a pas de recouvrement longitudinal puisqu'il s'agit d'un système de balayage continu.

Le recouvrement transversal, c'est-à-dire entre deux passages adjacents, se produit de façon identique pour les deux types de capteurs. Les passages à un jour

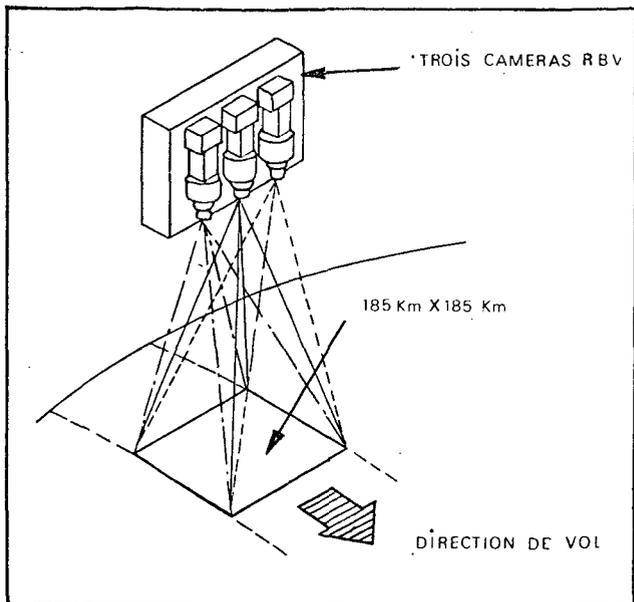


Figure 4. — Enregistrement par télévision (d'après le « Data users handbook » de la NASA).

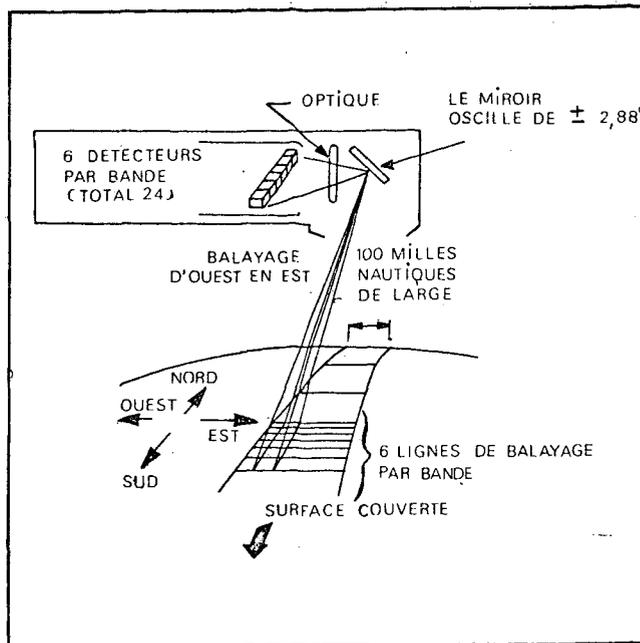


Figure 5. — Enregistrement par balayage multispectral (d'après le « Data users handbook » de la NASA).

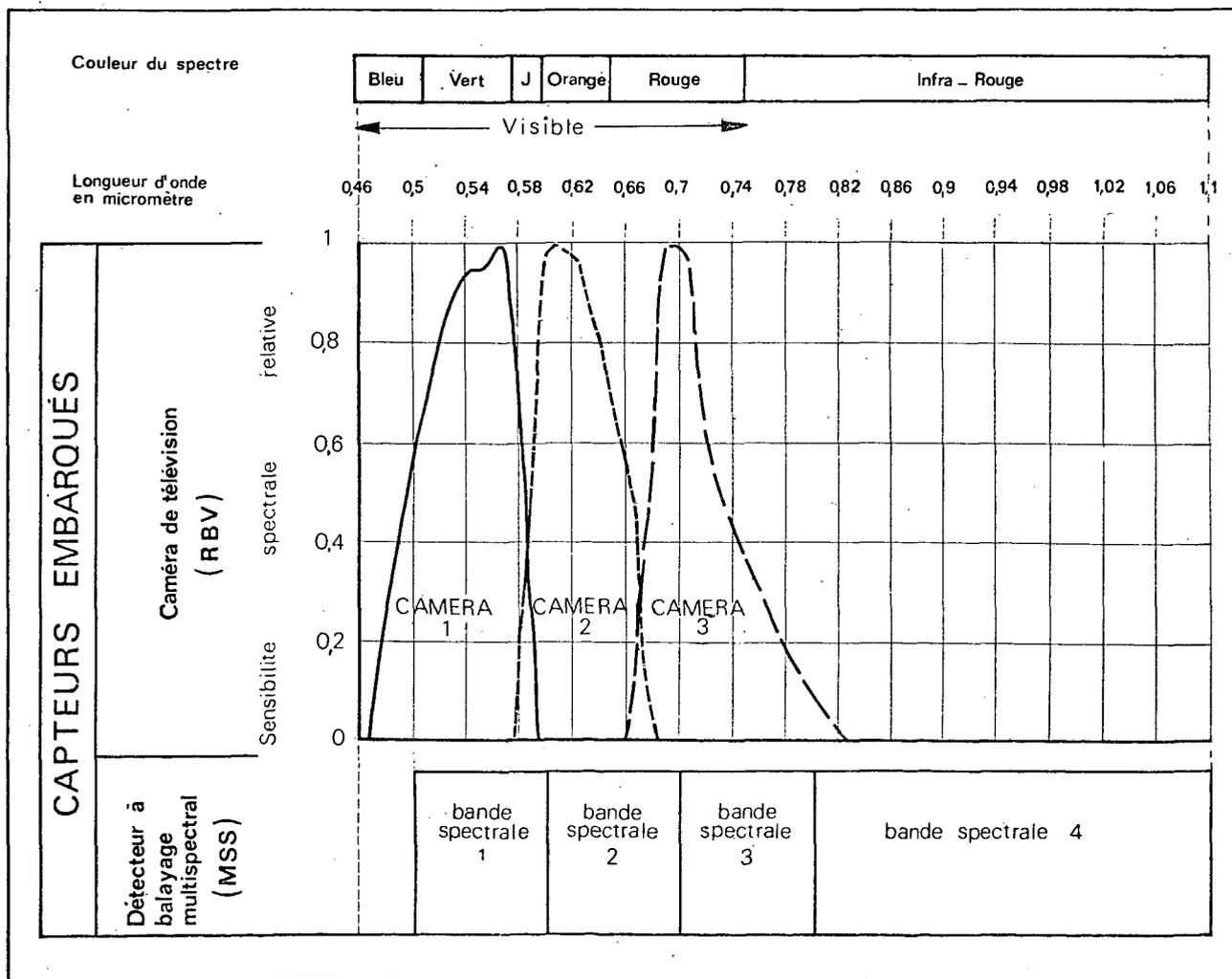


Figure 6. — Sensibilité spectrale des capteurs embarqués.

d'intervalle sont décalés de 159 km à l'équateur (cf. ci-dessus). Cela correspond à un recouvrement de 14 % à l'équateur. Le recouvrement augmente avec la latitude : 34 % vers 40°, 45 % vers 50° et 85 % vers 80° de latitude.

Les données : La transmission des données se fait en temps réel, si le satellite est en vue d'une station au sol. Dans le cas contraire, les données sont stockées sur des enregistreurs vidéo qui ont une capacité d'enregistrement de 30 minutes. Ceux-ci ont pour caractéristique principale d'avoir une bande passante très large, ce qui permet un débit d'information important.

Enfin, des plates-formes équipées de senseurs qui recueillent des données sur les conditions locales d'environnement au sol, les transmettent au satellite lorsque celui-ci est visible simultanément de la plate-forme et d'une des stations de télécommande et de télémesure. Celles-ci, au nombre de trois, à Fairbanks (Alaska), Goldstone (Californie) et Greenbelt (Maryland) ont reçu les équipements nécessaires à la réception des données des plates-formes (cf. Figure 2).

Les enregistrements des données des caméras de télévision et du système à balayage multispectral sont traités au Centre Goddard, à Greenbelt (Goddard Space Flight Center ou GSFC). C'est à partir de là que les données sont distribuées aux différents utilisateurs dans le monde. Les données sont diffusées sous forme de bandes magnétiques, de films et de tirages sur papier. Les documents peuvent résulter d'un traitement plus ou moins élaboré. Le traitement le plus simple fournit des documents qui n'ont subi que des corrections élémentaires (Bulk Processing Subsystem ou BPS) ; le traitement le plus élaboré fournit des documents de précision dans lesquels la correction des erreurs est beaucoup plus poussée et où les coordonnées géographiques et géodésiques (UTM) sont indiquées (Precision Processing Subsystem ou PPS).

Les erreurs peuvent être dues aux conditions externes ou internes d'enregistrement ; les premières comprennent, par exemple, un mauvais alignement des capteurs, une attitude défectueuse, une erreur de temps, etc..., les secondes, les distorsions optiques, les variations électromagnétiques des caméras de télévision... En outre, d'autres erreurs se produisent lors du traitement de l'information. Si pour les données les moins élaborées, les erreurs sont plus faibles dans le système multispectral que dans le système de télévision, pour les données de précision, c'est le système de télévision qui présente les plus faibles erreurs. Par exemple, pour les films, les erreurs résiduelles de position au sol peuvent atteindre les valeurs suivantes :

	<i>Données après traitement simple (BPS)</i>	<i>Données de précision (PPS)</i>
Système de télévision (RBV)	1120 m	95 m
Système de balayage multispectral (MSS)	1075 m	235 m

Les données du système de balayage multispectral subissent un découpage qui permet leur coïncidence géographique avec les images du système de télévision. Les données du système de télévision et du système de balayage multispectral peuvent être fournies, seulement pour le traitement élémentaire, sur film de 70 mm. Sur ces films, l'échelle est 1/3 369 000. Par agrandissement, on obtient des images au 1/1 000 000 sur film de 9,5 inches (environ 240 mm), qui peuvent avoir subi ou non les corrections de précision. Les images sont obtenues en noir et blanc pour chacun des canaux des deux systèmes. Elles peuvent aussi l'être en couleurs. Ces images en couleurs sont composées soit à partir des trois canaux du système de télévision, soit à partir de trois des quatre canaux du système de balayage multispectral ; dans ce dernier cas, deux combinaisons sont prévues : aux deux premiers canaux (0,5-0,6 et 0,6-0,7 micromètre) peut, en effet, être associé soit le troisième (0,7-0,8 micromètre), soit le quatrième canal (0,8-1,1 micromètre).

Le Programme FRALIT

L'accord passé avec la NASA prévoit d'une part la fourniture par l'organisme américain de documents obtenus à partir du satellite ERTS-A et d'autre part la communication des études de télédétection réalisées sur ces documents par les laboratoires et institut français concernés. Cet accord, conclu sous l'égide du Centre National d'Etudes Spatiales, ne comporte aucun octroi de crédits, et la NASA comme les laboratoires français doivent supporter les frais de leur propre contribution. Les documents fournis par la NASA dans le cadre du programme FRALIT le sont exclusivement sans correction de précision. Les documents de précision sont en effet beaucoup plus difficiles à obtenir et ils ne semblent pas nécessaires étant donné les recherches envisagées ; celles-ci se proposent beaucoup plus d'établir des tests d'interprétation dans le domaine de la télédétection littorale que de dresser une cartographie géométriquement rigoureuse de phénomènes déjà étudiés au sol à de grandes échelles. Dans d'autres cas, les objectifs s'appliquent à des faits de sédimentologie et d'océanographie littorales pour lesquels la précision des documents n'ayant subi qu'un simple traitement paraît suffisante. Enfin, un traitement de précision pourrait être effectué après coup si l'étude des documents fournis par la NASA en révélait la nécessité.

Les documents prévus par le programme FRALIT sont les suivants :

	code NDPF (NASA Data Processing Facility)
— Données de la caméra de télévision RBV 1	1
— Données de la caméra de télévision RBV 2	2
— Données de la caméra de télévision RBV 3	3
— Données du système de balayage multispectral MSS (4 ^{ème} bande spectrale)	7

Ces documents seront fournis en noir et blanc sous les formes suivantes :

	code des formats (NDPF)
négatif transparent sur film 70 mm	M
positif transparent sur film 240 mm	T
positif transparent sur papier 240 mm	P

Environ 5 % des images reconnues les plus intéressantes en noir et blanc seront traitées par la NASA à notre demande pour être présentées sous forme d'images composites en couleur.

L'étendue couverte par le projet FRALIT représente un quadrilatère dont les quatre coins ont les coordonnées suivantes (Figure 7) :

50° 30' N	2° 00' W
51° 00' N	2° 00' E
44° 19' N	0° 35' W
44° 51' N	3° 42' W

Ce quadrilatère s'étend du Cap Gris Nez jusqu'au Sud du bassin d'Arcachon ; il prend en écharpe la majeure partie du littoral océanique de la France. Il couvre ainsi les grandes zones de marais maritimes à l'exception de la Flandre (Bas-Champs picards, marais de Dol, marais Breton, Poitevin et Charentais), les plus vastes estrans (baies de Somme, des Veys, du Mont Saint-Michel, de Bourgneuf, anse de l'Aiguillon, pertuis charentais et bassin d'Arcachon) ainsi que les trois plus grands estuaires français (Seine, Loire et Gironde). Ce quadrilatère ne comprend pas la Bretagne péninsulaire à l'Ouest d'une ligne Port-Navalo-Erquy ; l'inclusion de cette région aurait augmenté considérablement le nombre des documents à étudier pour un intérêt assez faible dans les domaines qui retiennent notre attention, il en est de même de la côte des Landes au Sud d'Arcachon.

La situation en latitude des littoraux concernés par le programme FRALIT entraîne certaines conséquences. Le recouvrement latéral des images varie environ de 38 % pour la partie la plus méridionale du programme à 46 % pour la partie la plus septentrionale. D'autre part, l'heure légale de passage, calculée en fonction d'une heure civile locale du nœud descendant à 9 h 30, est aux environs de 11 heures 10. Compte tenu de cet horaire et de la latitude, la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon varie au cours de l'année entre un minimum, fin décembre, de l'ordre de 15° et un maximum, fin juin, de l'ordre de 60° ; ces valeurs sont en outre légèrement plus élevées pour la partie Sud que pour la partie Nord du programme FRALIT. On considère généralement que la qualité des enregistrements peut baisser si le soleil est à moins de 30° de hauteur au-dessus de l'horizon, ce qui se produit de fin octobre à fin février. Mais cette considération générale est parfois démentie par des circonstances particulières liées aux problèmes étudiés et aux hasards météorologiques.

On a estimé que les documents ne sont pas exploitables lorsque la couverture nuageuse dépasse 6/10. La NASA ne fournit donc que les documents obtenus

avec une couverture nuageuse inférieure à 6/10. Cette condition peut éliminer, surtout en automne et en hiver, une forte proportion de documents. Cette élimination nécessaire offre l'inconvénient de rompre dans la série des couvertures, la périodicité régulière que présentent au contraire les passages du satellite.

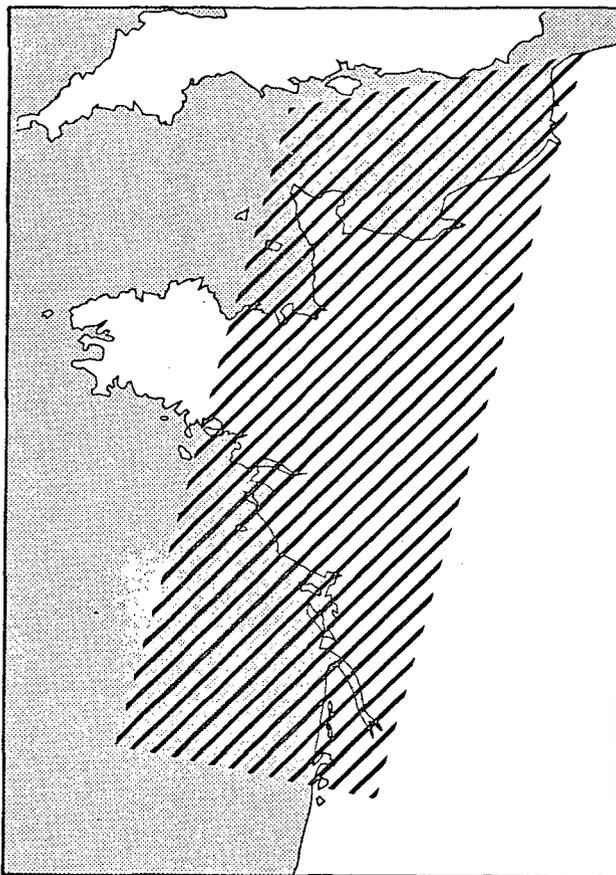


Figure 7. — L'extension géographique du programme FRALIT

Tous les thèmes du programme FRALIT ressortissent à l'étude du littoral pris dans son acception la plus large. Outre la zone intertidale, ce programme englobe en effet, d'une part les marais maritimes et de l'autre la mer dans le domaine où ses eaux peuvent être chargées de sédiments apportés par les fleuves ou arrachés aux fonds par l'agitation des vagues.

Dans les marais maritimes, les études concernent la géomorphologie, la pédologie, l'hydrologie et la végétation. La répartition des sols peut être déterminée en fonction de leurs propriétés intrinsèques et de leur humidité. Cette dernière, facteur très puissant de la végétation, dépend étroitement des conditions géomorphologiques et hydrologiques (contre-pente des marais, sécheresse, ressuyage, engorgement du sol...). Une cartographie détaillée conduite sur des secteurs choisis à cette fin dans le Marais Poitevin et le Marais de Dol notamment doivent permettre des tests d'interprétation. Des clefs ainsi établies seront étendues à

l'ensemble des marais français avec des contrôles sur le terrain. On peut espérer aboutir à une cartographie au 1/250 000 fondée sur la télédétection.

Un autre aspect de l'étude des marais maritimes est lié au caractère diachronique des documents fournis par ERTS-A. Les séries permettent de suivre l'évolution, au cours de l'année, du profil hydrique et de la végétation. Les terres labourées couvertes de cultures annuelles présentent des séquences d'images où l'on peut suivre leur évolution en fonction des façons culturales, des climats saisonniers et du développement de la végétation.

L'étude des zones intertidales est essentiellement sédimentologique, morphologique et hydrologique. Les sédiments des *wadden* couverts par le programme FRALIT présentent une grande diversité : vase de l'Aiguillon, sables du bassin d'Arcachon, tange de la baie du Mont Saint-Michel qui possèdent des signatures spectrales fort variées dans les différents canaux, et selon leur état d'humectation. Il sera sans doute possible de dresser une charte de ces différentes signatures. En outre, le caractère diachronique de la documentation fournie par ERTS doit permettre de cerner d'éventuelles modifications morphologiques de grande ampleur des chenaux de marée et des passes (e.g. passes d'Arcachon, Goulet de Fromentine...). On peut d'ailleurs remarquer que l'horaire de passage du satellite ne permettra pas l'observation de toutes les situations de marées dans une même région. Ainsi, les vives eaux ont toujours, en un même point, des pleines mers vers la même heure qui, par exemple, ne coïncide jamais sur la côte atlantique avec le passage du satellite.

Dans le domaine des eaux littorales, enfin, la télédétection offrira sans doute des données nouvelles sur le transport des matériaux en suspension au débouché de la Seine, de la Loire et de la Gironde. La grande altitude du satellite, la très faible ouverture des capteurs et l'heure de prise de vue doivent permettre d'éviter la *réflexion spéculaire* du soleil sur la surface air-eau, donc d'embrasser des étendues de plus de 30 000 km² dans des conditions homogènes d'observation. Les résultats acquis à partir des documents d'Apollo IX sur les panaches d'eaux troubles appelés *plumes* dans la littérature anglo-saxonne, sont très encourageants à cet égard. Les passages d'ERTS-A s'effectueront à des moments différents des marées et

sous des conditions hydrologiques et climatologiques diverses. La télédétection doit ici fournir une documentation irremplaçable par des moyens de surface.

Au cours de l'étude des très nombreux documents du programme FRALIT, il est probable que d'autres thèmes de recherches littorales seront abordés. Des méthodes nouvelles d'approche de tous les faits de géographie du milieu littoral pourront être mises au point. Le programme FRALIT a en effet pour objet d'explorer les champs de possibilités de la télédétection dans ce domaine qui est encore relativement peu exploré. De nouveaux intérêts apparaîtront certainement, mais dès maintenant on peut distinguer deux catégories d'avantages sur les moyens dont on disposait auparavant pour ce genre d'études.

Certains de ces avantages ne sont pas spécifiques. Parmi ceux-ci, il faut ranger l'abondance des documents qui se manifeste à la fois par le nombre des bandes spectrales séparées prévues pour ERTS-A et par la répétition périodique des prises de vue au cours de nombreux mois, dans la mesure où le couvert nuageux le permettra.

D'autres sont spécifiques de l'utilisation des satellites pour l'étude des ressources terrestres et ce sont les plus importants. Le principal d'entre eux est de fournir des documents homogènes à petite échelle couvrant de grandes étendues. Les interprétations peuvent ainsi atteindre un degré élevé de synthèse. Cette démarche est alors assurée dans des conditions à la fois plus rapides et surtout bien meilleures que lorsque l'on procède, à partir de données à grande échelle, par réduction et généralisation. La télédétection permet d'obtenir d'emblée un haut niveau taxonomique et c'est là sans doute son intérêt majeur pour la méthodologie de l'étude de la surface de la Terre.

Ch. CAZABAT*, P. DEMATHIEU*, J. DUPUIS**,
et F. VERGER***

* Institut Géographique National, 2, avenue Pasteur, 94160 - Saint-Mandé.

** Université de Poitiers, Laboratoire de Pédologie, 40, avenue du Recteur Pineau, 86022 - Poitiers.

*** *Principal Investigator* à la NASA, pour ERTS-A. Ecole Pratique des Hautes Etudes, Laboratoire de Géomorphologie, 61, rue Buffon, 75005 - Paris et Ecole Normale Supérieure, 48, boulevard Jourdan, 75014 - Paris.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

COLVOCORESSES Alden P. : Image resolutions for ERTS, SKYLAB and Gemini/Apollo, *Photogrammetric Engineering*, 1972, pp. 33-35.

MAIRS Robert L. : Oceanographic Interpretation of Apollo Photograph. *Photogrammetric Engineering*. 1971, pp. 1045-1058.

NASA Earth Resources Technology Satellite, Data Users Handbook, *Goddard Space Flight Center*, Edition du 15 septembre 1971 et révisions du 15 février et 4 mai 1972.

POUQUET J. : Les Sciences de la Terre à l'heure des satellites, Paris, *Presses Universitaires de France*. 1971.

TESSIER R. et ALOUGES A. : Principes généraux de la détection à distance in Principes de la détection à distance et application à l'étude des ressources terrestres, *CNES et Université du Michigan*, 4-6 nov. 1969. pp. 1-71.

VÉRGER F. : Un programme de télédétection sur le littoral français (Satellite ERTS-A de la Nasa), *Actes du 97^e Congrès des Sociétés Savantes*, Nantes. Mars 1972. Paris, Imprimerie Nationale (sous presse).

LEXIQUE

N.B. Ces courtes définitions sont approximatives. Le lecteur se reportera utilement à des ouvrages spécialisés.

Capteur : appareil enregistrant le rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi par des éléments de la surface terrestre. L'appareil photographique est un des premiers capteurs à avoir été utilisé.

Écliptique : plan de l'orbite décrite par la Terre autour du Soleil.

Nœud : intersection de l'orbite du satellite avec le plan de l'équateur ; qualifié de descendant si le passage se fait du nord au sud, ascendant dans le cas contraire.

Plume : masse d'eau fortement chargée de sédiments fins s'étendant en mer au large des embouchures fluviales.

Réflexion spéculaire : se produit lorsque la surface de l'eau se comporte comme un miroir et réfléchit en direction du capteur la lumière du soleil.

Télédétection : étude des surfaces planétaires par des enregistrements effectués à grande distance. La télédétection utilise de plus en plus des capteurs non photographiques et des véhicules spatiaux : son objet dépasse donc largement celui de la photo-interprétation classique.

Temps : *temps solaire vrai local* : angle entre le plan méridien du lieu et le plan parallèle à l'axe des pôles et passant par le Soleil. C'est un angle que l'on peut exprimer en heures, minutes et secondes ; ce n'est pas un véritable temps ;

— *temps solaire moyen local* : temps défini par un lissage des irrégularités du précédent. C'est un temps véritable ;

— *temps civil local* : temps précédent augmenté de 12 heures, pour que le passage à 0 heure se fasse de nuit ;

— *temps universel " TU "* : (le sigle " GMT " est souvent employé par erreur à sa place). C'est le temps civil de Greenwich ;

— *temps légal* : défini conventionnellement par pays. Le plus souvent, c'est le temps civil local du centre du fuseau. Pour la France, c'est le temps du fuseau (TU en l'occurrence) augmenté d'une heure.

Wadden : étendue alternativement couverte et découverte par la marée et caractérisée par des sédiments dont la granulométrie s'étend des sables vaseux aux vases.