MAPPE MONDE
2/1991

CYCLES ORBITAUX ET RYTHMES D'OBSERVATION DE LA TERRE

Fernand VERGER*
Raymond GHIRARDI *

RÉSUMÉ *La répétitivité des observations des satellites de télédétection dépend de leur cycle orbital. Les contraintes imposées par un cycle rigide sont assouplies par les capteurs à optique orientable latéralement et par les modifications du cycle au cours de la vie des satellites.*

• CYCLE ORBITAL • ERS • LANDSAT • SATELLITE • SPOT • TÉLÉDÉTECTION

ABSTRACT *The repeat cycle of remote sensing satellites depends on their orbital parameters. The constraints fixed by the cycle are rendered more flexible by the lateral depointing of the sensors and the changes of the cycle during the satellite lifetime.*

• ERS • LANDSAT • REMOTE SENSING • REPEAT CYCLE • SATELLITE • SPOT

RESUMEN *La repetición de las observaciones de los satélites de teledetección depende de su ciclo orbital.Las exigencias impuestas por un ciclo rígido son compensadas por los captadores de „optica orientable lateralmente y por las modificaciones del ciclo durante la vida de los satélites.*

• CICLO ORBITAL • ERS • LANDSAT • SATÉLITE • SPOT • TELEDETECCIÓN

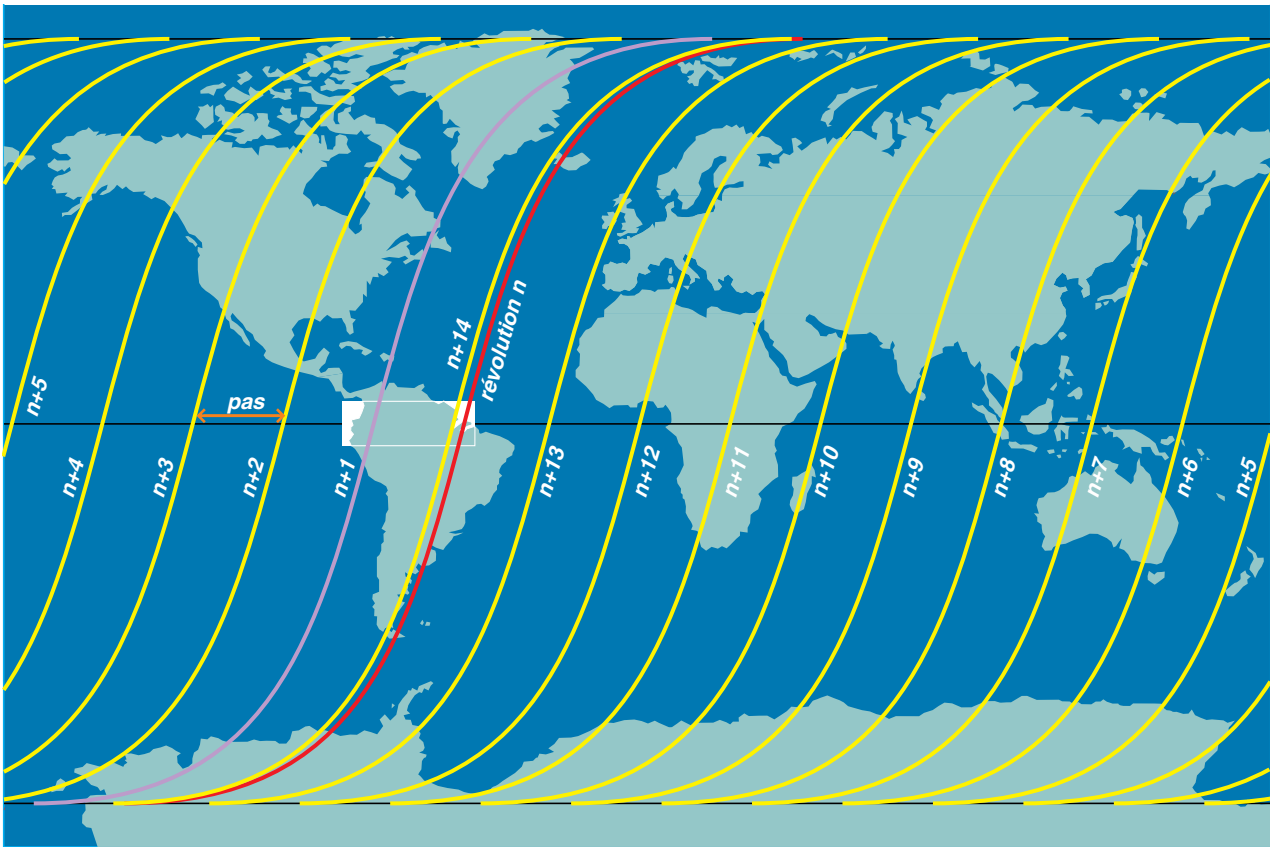
Couverture exhaustive et répétitivité sont deux caractères souvent soulignés des satellites d'observation de la Terre. Les rythmes d'acquisition de la couverture, qui sont un des traits essentiels de la fourniture des images, dépendent de la succession des passages actifs du satellite au cours du cycle orbital.

On appelle cycle orbital le nombre entier de révolutions qu'un satellite doit accomplir pour se retrouver dans la même direction au-dessus d'un même point de la Terre. Cette notion revêt un intérêt tout particulier pour les satellites de télédétection à orbite circulaire héliosynchrone, qui doivent assurer une couverture totale de la Terre, à l'exception des zones de très hautes latitudes que leur inclinaison ne leur permet pas de survoler.

Dans l'exemple de Landsat-1, 2 ou 3 (fig. 1), le déroulement du cycle orbital s'effectue de la façon suivante. Lors d'une révolution ***n***, le satellite franchit au nœud descendant le plan équatorial au-dessus d'un point donné de la Terre. La trace du passage suivant est décalée vers l'ouest d'une distance ***P***, appelée pas de la trace (fig. 2), qui est de 2 874 km à l'équateur. La valeur de ce pas est déterminée par la rotation de la Terre et par la précession nodale de l'orbite pendant une révolution du satellite. Après quatorze révolutions, c'est-à-dire après vingt-quatre heures et quelques minutes, la trace du satellite se situe à l'ouest de la trace de la première révolution (fig. 1). Par suite de ce décalage journalier, le satellite repasse dans la même direction au-dessus du même point de la Terre toutes les 251 révolutions: *(18x14)-1=251*. Cette durée est celle de son cycle orbital.

Dans le cas des trois premiers satellites Landsat, la valeur du dépassement ***d*** est une partie aliquote de celle du pas ***P***. C'est également le cas du satellite japonais MOS-1, pour lequel le dépassement est contenu exactement 17 fois dans le pas de la trace. Mais pour d'autres satellites, ***d*** n'est pas un sous-multiple de ***P***, et les traces ne se rangent pas par quantièmes croissants vers l'ouest. C'est le cas pour Landsat-4 et 5 (fig. 3), pour Spot-1 et 2 ou pour HCMM. Pour ce dernier, l'ordre des quantièmes est le suivant: 1, 12, 7, 2, 13, 8, 3, 14, 9, 4, 15, 10, 5, 16, 11 et 6. Pour SPOT-1 et 2 (fig. 3), l'ordre des quantièmes est: 1, 6, 11, 16, 21, 26, 5, 10, 15, 20, 25, 4, 9, 14, 19, 24, 3, 8, 13, 18, 23, 2, 7, 12, 17 et 22. Pour certains satellites, la trace de chaque jour successif n'est pas située à l'ouest de la trace précédente mais à l'est. Si ce décalage ***d*** est une partie aliquote du pas ***P***, les traces se rangent alors de façon monotone par quantièmes croissant vers l'est.

* Imagéo, UPR 30, CNRS, Paris



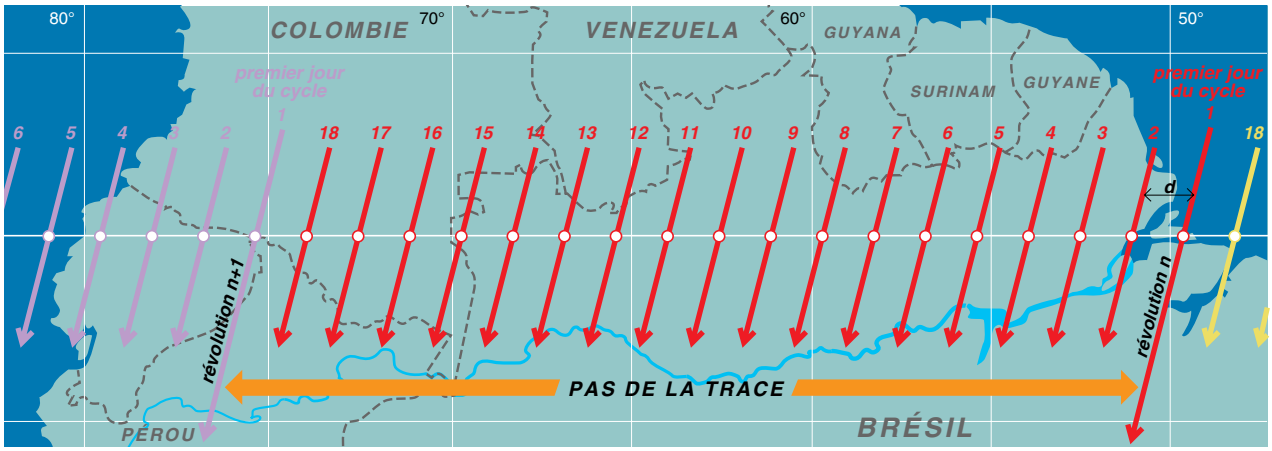
1. La succession des traces descendantes au cours d'une journée pour Landsat-1, 2 et 3

La trace d'une révolution est séparée à l'équateur de celle de la révolution suivante par une distance appelée pas. Au terme de 14 révolutions, la trace n+14 passe à l'ouest de la trace de la révolution n puisque la longueur de 14 fois le pas dépasse celle de l'équateur. La trace n+14 s'effectue le second jour du cycle.

La constitution de mosaïques composées d'images successives est facilitée lorsque les quantièmes se succèdent de façon monotone. C'est ainsi que les images Landsat-1, 2 et 3 d'un estuaire prises chacune à une journée d'intervalle avec l'image voisine, dans des conditions naturellement assez semblables de marée, donnent une vue plus cohérente que l'assemblage d'images jointives prises à plusieurs jours d'intervalle; de même, la phénologie est moins disparate sur des images acquises à vingt-quatre heures d'écart.

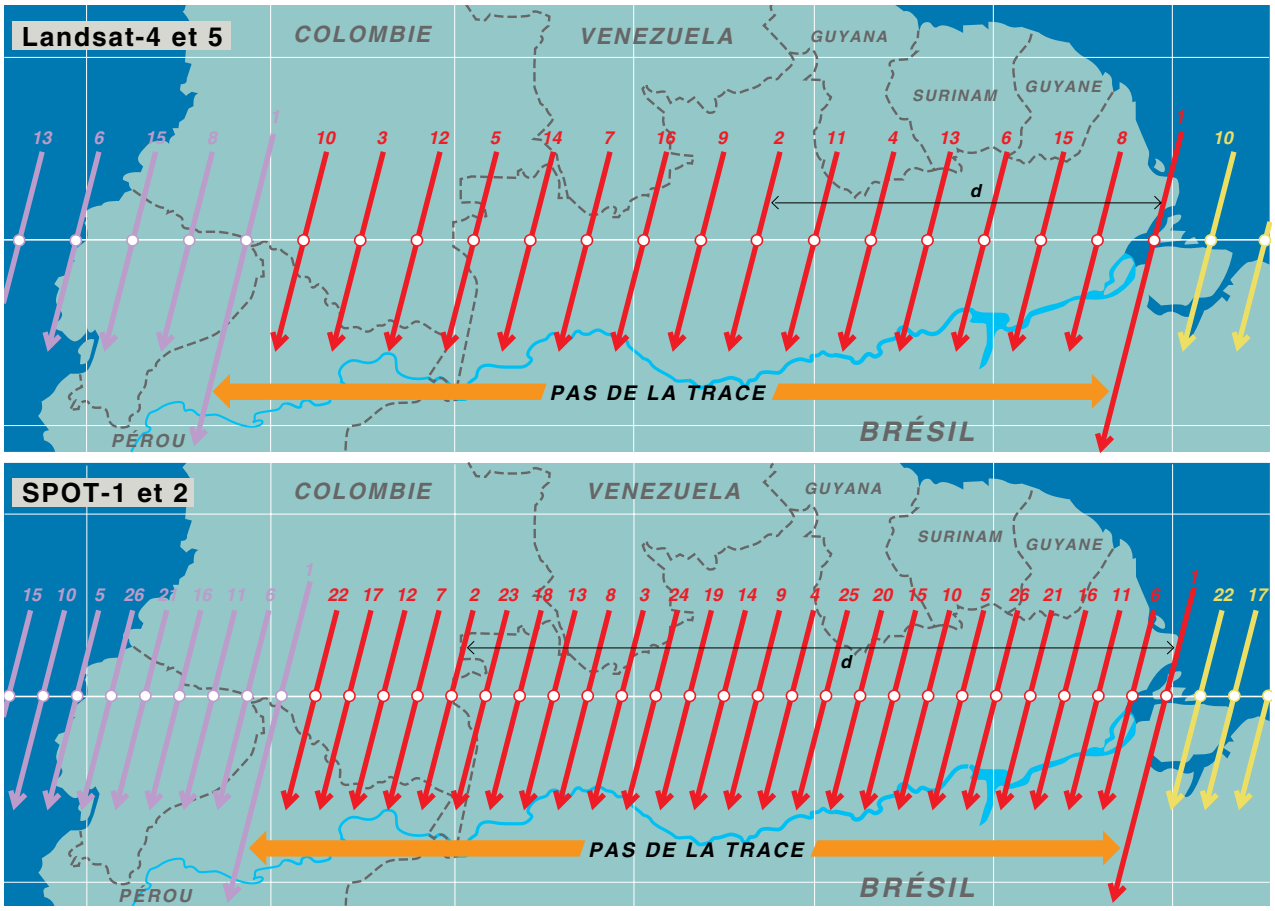
La non-monotonie de la croissance des quantièmes offre la possibilité d'acquérir l'image d'une scène donnée dans un délai plus bref lorsque le satellite utilise des capteurs orientables latéralement. Ainsi, pour Spot, ce délai est de cinq jours à l'équateur et se réduit aux plus hautes latitudes. En effet, les capteurs de SPOT permettent de viser des régions situées de part et d'autre de la verticale du satellite, dans un couloir de 950 kilomètres qui déborde sur sept traces adjacentes à l'équateur, où deux traces adjacentes sont distantes de 108,6 kilomètres, et plus au fur et à mesure que la latitude s'élève.

L'importance du cycle est telle que l'on a prévu pour le satellite européen ERS-1 une série de divers cycles successifs, obtenus par de légers changements d'altitude, afin d'assurer la satisfaction de besoins spécifiques souvent antagonistes des différents utilisateurs. Une première série de cycles de trois jours, à croissance monotone des quantièmes, doit servir à assurer le calibrage des capteurs. Le radar-altimètre sera ainsi calibré sur un site permanent localisé sur l'Adriatique, non loin de Venise. Mais un tel cycle, qui comprend seulement 43 révolutions, implique des traces adjacentes éloignées de 909 km à l'équateur, une distance que le champ des images du radar latéral d'ERS-1 est très loin de pouvoir couvrir en trois passages. C'est la raison pour laquelle on assignera un cycle de 35 jours à d'autres périodes d'utilisation du satellite, pendant lesquelles le SAR serait géométriquement en mesure de fournir une imagerie de toute la surface de la Terre, avec au moins deux couvertures pour les zones de hautes et moyennes latitudes (fig. 4). Un troisième cycle enfin, de 178 jours, a été prévu en fin de vie du satellite pour effectuer des mesures géodésiques par un réseau très serré de traces de l'altimètre, afin de déterminer la forme du géoïde océanique.



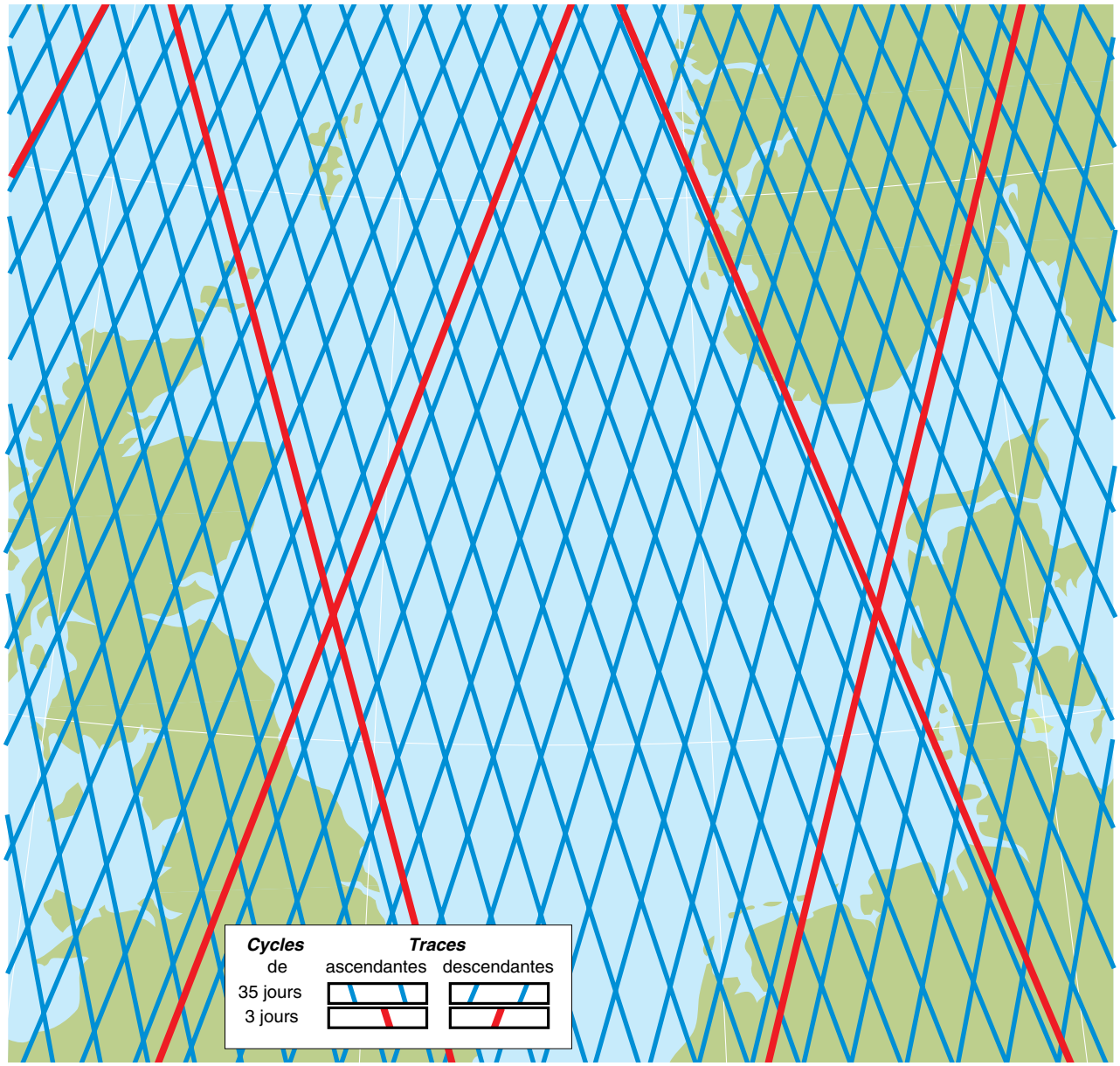
2. Les traces descendantes au cours des 18 jours du cycle orbital de Landsat-1, 2 et 3

Lors de la trace *n + 14* le passage au nœud descendant se produit au-dessus d'un point de l'équateur situé à une distance *d* à l'ouest de la trace de la révolution *n*. En effet, 14 pas de la trace dépassent de cette distance *d* la longueur de l'équateur terrestre. Ce décalage journalier *d*, répété 18 fois, replace les traces sur celles du premier jour du cycle, puisque le pas de la trace *P* contient exactement 18 fois *d*.



3. La succession des traces descendantes au cours du cycle orbital pour Landsat-4 et 5 et pour SPOT-1 et 2

La valeur d n'est pas aliquote de celle du pas de la trace.



4. Traces des cycles de trois jours et de 35 jours du satellite ERS-1 sur la Mer du Nord

La régularité cyclique étant très appréciée, les paramètres de l'orbite des satellites héliosynchrones de télédétection sont contrôlés et corrigés afin que cette coïncidence demeure la plus rigoureuse possible. Elle permet aussi d'établir des catalogues d'images où chaque trace du cycle est affectée d'un numéro d'orbite. Telles sont les grilles d'indexation des images Landsat et MOS-1 (WRS:*World Reference System*) ou celle de SPOT (GRS: Grille de Référence SPOT).

Le cycle orbital régit à la fois la juxtaposition des images dans l'espace et le rythme de leur acquisition dans le temps. Son choix dépend donc des exigences de champs géographiques d'observation et de résolution spatiale comme de résolution temporelle.

Références bibliographiques

CNES et SPOT IMAGE: *Guide des utilisateurs de données SPOT*, 1986.
ERS-1, A new tool for global environmental monitoring in the 1990's, European Space Agency, ESA BR-36.
VERGER F., 1982, *L'observation de la Terre par les satellites*, Paris, PUF, Que sais-je?
VERGER F., GHIRARDI R., PALAZOT Y. et SOURBÈS I., *Atlas de géographie de l'espace* (à paraître).