

MODÉLISATION GÉOMÉTRIQUE EN TÉLÉDÉTECTION. SUPERPOSITION ET RECTIFICATION DE DONNÉES SATELLITAIRES ET SPATIALISÉES

Dominique DAGORNE

I INTRODUCTION

Nous présentons dans cette communication, divers travaux méthodologiques réalisés au sein d'une équipe thématique pluridisciplinaire (océanographie, climatologie,...) en application de la télédétection à partir des satellites météorologiques.

Ils concernent principalement divers aspects "géométriques" sur des données satellitaires, avec les problèmes de restitution "cartographique" et de superposition d'images et d'informations spatialisées.

Pour la télédétection en général, et plus spécialement celle à partir des satellites météorologiques défilants ou géostationnaires, c'est un préalable à l'utilisation de données multisources - multitemporelles.

Les méthodes classiques de mise en correspondance d'images par points d'amers étant inapplicables, divers modèles déterministes sont nécessaires pour mener à bien ces restitutions.

Les méthodes développées sont implantées au sein d'un logiciel général de traitement de données satellitaires, logiciel intégrant cet aspect sou-

vent peu pris en compte pour ce type de donnée, dont le traitement ne se résume pas à la simple technique du "traitement d'images".

II BUT

Ces travaux ont pour but, le développement d'outils applicables dans divers programmes de recherche ou d'exploitation.

Ils trouvent un emploi de "routine" pour diverses applications au sein de multiples réalisations auprès des chercheurs utilisateurs des données satellitaires météorologiques traitées à Lannion.

Les points d'intérêt énoncés ci-après sont la même expression de la formulation générale mis au point. Il n'est fait aucune référence particulière au type de données ou de restitution, ce qui garantit la réutilisation des outils développés pour d'autres types de sources, non traitées dans nos applications (imagerie de télédétection terrestre, radar, image de synthèse à 2 dimensions,...).

II.1 SUPERPOSITION D'INFORMATIONS "SPATIALISÉES"

Ces informations sont extérieures au domaine "télédétection". Les données utilisées sont définies en coordonnées "géographiques", latitude et longitude, et peuvent être d'origine et de types différents :

- type "base de données cartographique", défini en points (stations synoptiques,...) ou en segments par des points reliés entre eux (trait de côte, réseau hydrographique,...) ;

- type "champ" de valeurs discrètes ou ordonnées, valeurs expérimentales assurées ou résultats d'analyse et de modèle (krigeage, analyse objective,...) avec les représentations associées à ce type de données (isolignes, vecteurs de "flux",...), par exemple Modèle Numérique de Terrain, relevé de précipitation...

II.2 RESTITUTION CARTOGRAPHIQUE

Celle-ci sera réalisée pour une donnée image ou "spatialisée", suivant un type de projection et à une échelle déterminée. Dans cette restitution, les problèmes "matériels", liés au mode de représentation, sont très importants.

II.3 SUPERPOSITION DE DONNÉES "MULTISOURCES - MULTITEMPORELLES"

Elle est réalisée principalement pour des images satellitaires, obtenues à partir de couple vecteur (satellite) et capteur (radiomètre), de résolutions spatiales et temporelles pouvant être très différentes.

La maîtrise de cette superposition est un préalable à l'utilisation des données satellitaires météorologiques défilants (AVHRR/NOAA), ou contrairement au géostationnaire, aucune image d'une même zone n'est superposable directement avec une autre donnée de même source.

L'utilisation des méthodes dites par "point d'amers" est inutilisable sur nos images, si l'on considère l'absence de tels points (domaine océanique, nuages,...), les déformations très importantes (domaine vaste, rotation de la terre,...) ainsi qu'une mise en oeuvre qui serait fastidieuse sur des données de dimension et de répétitivité élevée.

L'objectif final est la restitution "cartographique", d'une image satellitaire quelconque avec des informations extérieures. La superposition entre images "multisources et multitemporelles" est alors effectuée dans un référentiel commun.

III MOYENS

Nous évoquons ici, certains problèmes techniques, liés aux représentations de données spatialisés à 2 dimensions image ou non. Il est d'abord indispensable de distinguer la "donnée" proprement dite de sa représentation.

III.1 DONNÉE

Celle-ci peut-être sous forme d'une image ou d'un "champ", ordonné ou non, de valeurs.

Pour des "champs" ordonnés sous forme de grille et pour l'image, la formulation est identique sous forme de matrice. La distinction tient aux valeurs représentées et à un mode d'accès "informatique" différent lié à la taille de l'information.

Les valeurs "pixel image", codées sur 1 ou 2 octets, sont souvent des données "physiques", la valeur radiométrique ayant une signification au-delà de sa donnée brute en compte numérique "qu'il est d'ailleurs indispensable de prétraiter pour obtenir une information quantitative ;

III.2 REPRÉSENTATION

2 types d'approches avec des dépendances matériels très marqués.

- approche "raster" (ou image) avec l'information restitué sous forme de pixel (classiquement codée sur 1 octet soit 256 valeurs).

C'est la représentation immédiate de la donnée image (après une adaptation possible de dynamique), par une teinte de couleur (ou de noir et blanc) par compte numérique.

C'est également un moyen de représentation synthétique de données à 2 dimensions utilisés pour les champs ordonnés de valeurs, après interpolation aux points de grille.

- approche "vecteur" (ou graphique), où l'on cherche à représenter une donnée par divers moyens graphiques tel isolignes, "vecteurs flux", représentation 3 dimensions,...

Il est toujours possible de représenter un graphique, isous forme raster, en prenant une profondeur d'image de 1 ou plusieurs bits (monochrome ou non).

Ces 2 représentations, apparemment proches mais opposées au niveau matériel, peuvent avoir une influence non négligeable lors de la mise en oeuvre pratique d'un logiciel.

Les problèmes d'échelle dans les données image, liés à la taille du pixel élémentaire du périphérique de restitution, en sont une illustration. De même les problèmes de "portabilité" des applications, ne sont pas à sous estimer, certaines représentations étant dépendantes de l'environnement (périphérique,...).

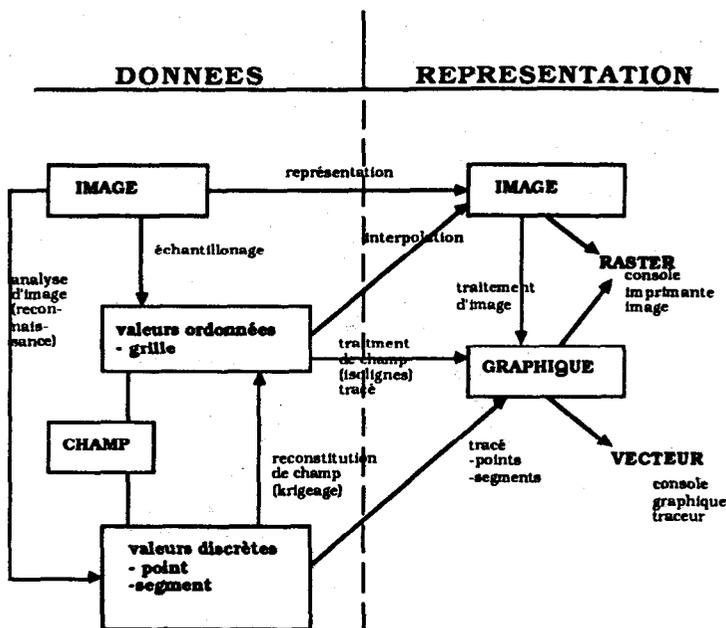


Figure 1 données et représentation en télédétection

IV METHODOLOGIE

Celle-ci repose sur les relations entre 3 systèmes de coordonnées, pour les utilisateurs de télédétection.

- IMAGE en ligne et pixel, pour la donnée satellitaire brute et la représentation "raster" de toute autre information.

L'origine est pris classiquement en haut et à gauche de l'image, avec la première ligne compté à 1 (0 zéro sur les consoles images "), la dimension de l'image étant son nombre de ligne et de pixels par lignes (avec sa profondeur classiquement 1 octet - 1 ou 2 octets pour les données -, et son nombre de canaux dans le cas d'image multispectrale).

- GEOGRAPHIQUE pour des données terrestres sous formes de points ou de segments (points jointifs).

Elles sont exprimées en degrés, et repérées classiquement en latitude et longitude sur la sphère terrestre.

- CARTOGRAPHIQUE en abscisse et ordonnée (x et y en millimètre), l'origine et l'orientation de ces axes étant dépendant du type de référentiel choisit pour la représentation.

Les inter-relations entre ces 3 systèmes d'axes sont illustrées sur la figure suivante.

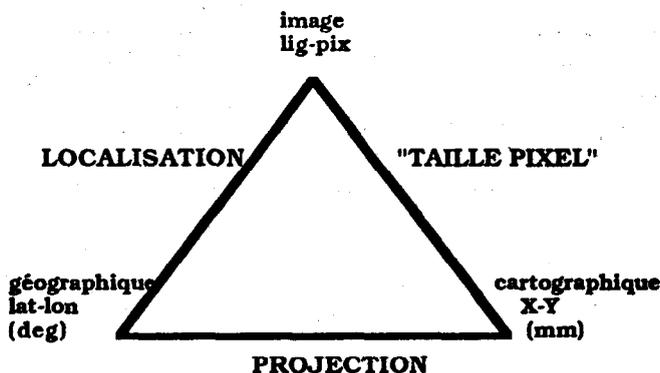


Figure 2 Référentiel de télédétection

Chacune des relations, donne naissance à un "modèle" plus ou moins complexe dont nous détaillons ci-après les fonctionnalités.

IV.1 TAILLE DU PIXEL

Il s'agit de mettre en relation 2 systèmes de coordonnées différents, mais surtout de tenir compte du type de chacune des "mesures" de ces deux systèmes.

LIG - PIX <----> X - Y

Dans la représentation cartographique ; cette mesure est continue (approche graphique), alors que dans le référentiel image celle-ci est discrète (approche raster).

La taille élémentaire du "pixel restituteur image" est l'élément de passage, avec les interpolations (informatiques) entre type réel (graphique) et entier (image).

Celui-ci dépend des périphériques utilisés, donc une dépendance non négligeable avec l'environnement.

IV.2 PROJECTIONS

Il s'agit des relations directes et inverses entre coordonnées géographique et coordonnées cartographiques.

LAT - LON <-----> X - Y

Celles-ci dépendent en plus des hypothèses sur la géométrie de la sphère terrestre :

- du type de projection : variable en fonction de l'utilisation finale des données. Celles-ci sont classiquement répartis en projections azimuthale, conique et cylindrique et moins classiquement suivant certaines utilisations "spécialisées" (1),

- de l'échelle : depuis des représentations locale de quelques mètres jusqu'à des cartographies mondiales.

IV.3 LOCALISATION IMAGE

C'est le passage direct et inverse des coordonnées images vers les coordonnées géographiques.

LIG - PIX <----> LAT - LON

Cette localisation en tout point des pixels de l'image peut être calculée suivant la nature de l'image considérée.

IV.3-1 Image satellitaire "brute"

Modèle de navigation et de localisation.

Ceux-ci font appel aux hypothèses (simplificatrices) de la mécanique céleste pour l'orbitographie du satellite ainsi qu'aux paramètres de visée image depuis ce vecteur sur la surface terrestre en rotation.

Si pour les satellites géostationnaires, en principe immobile au sous point, la localisation d'une image de référence est quasi immédiate, les calculs induit pour les orbites "défilants" peuvent atteindre une grande complexité, en fonction des hypothèses retenues pour la recherche d'une meilleure précision. Cette précision, indispensable pour une localisation précise, est elle même très sensible aux paramètres "instantanée" de visée (attitude de plate forme, paramètres orbitaux de l'orbite,...).

IV. 3-2 Image "rectifiée".

C'est l'image obtenue dans un repère cartographique c'est-à-dire suivant une projection et une échelle donnée.

Le calcul est un chaînage de modèle de projection et de passage à une image. Il est alors possible d'élaborer une localisation pour toute image "cartographique de référence" dans une projection donnée. La prise en compte du "facteur d'échelle" est soit directement intégré dans ce calcul, ou ultérieurement lors de la "restitution" proprement dite en agissant sur le paramètre incontournable de la taille du pixel restituteur du périphérique (zoom image en facteur réel).

V MODELES PRELIMINAIRES

Nous présentons succinctement, les fonctionnalités de 3 modules indépendants, avant leur intégration dans la chaîne générale de "traitement géométrique".

V.1 PROJECTIONS CARTOGRAPHIQUES

Nous utilisons les équations en mode direct et inverse, décrite dans la référence citée.

Les modes de projections retenus, recouvrent les types principaux utilisés dans notre activité, par divers thématiciens, avec les avantages et inconvénients de chacune d'elles (déformations exagérées, représentation conforme ou équivalente, zone d'intérêt,...).

- projection type stéréo-polaire pour des applications "météorologiques" d'un hémisphère ;
- projection type Lambert, utilisé en "géographie", principalement continentale pour des aires "réduites" ;
- projection type Mercator, chère aux océanographe ;
- projection "cylindrique équidistante" ; cette projection cylindrique courante (iso lat - iso lon), présente l'avantage immédiat de repérer des données de type "champ" ordonnée sous forme de grille (résultat de modèles divers, modèle numérique de terrain, climatologie statistique,...)

Les calculs nécessitent des données de référence, c'est-à-dire la définition de l'origine du référentiel considérée (1 longitude, 1 ou 2 latitudes)

La seule hypothèse est la nature de la "sphère" terrestre, considérée sphérique ou elliptique. Ce dernier cas implique des calculs itératifs lors du passage inverse.

Toute nouvelle projection est facilement intégrable dans ce module, à partir de la programmation des équations.

Ce module peut également servir de base, à une chaîne cartographique "vecteur", par application simple des formules de transformations, en relation avec des bases de données cartographique définies par des segments de points.

V.2 NAVIGATION D'UNE IMAGE SATELLITAIRE BRUTE

Ce module rassemble en plus de la localisation proprement dit, tous les calculs géométriques d'angles liés aux visées satellitaires et du soleil (astronomie).

Un module de navigation doit exister par couple satellite - radiomètre c'est-à-dire par type d'image

Dans la plupart des cas les données utiles de géométrie satellitaires (angles, localisation,...) sont fournis par le distributeur de la source, après prétraitement (cas du MASTER distribué par SATMOS, du GAC et du LAC distribué par NOAA/NESDIS, du CZCS/NIMBUS,...).

Cependant il est bon de pouvoir maîtriser parfaitement cette information essentielle avec quelques autres (veillissement d'orbites, prévision des passages et des acquisitions, angles de poursuite,...), dans le cas d'une station d'acquisition (projet ORSTOM) pour intégrer ces données dès le stade du prétraitement (1 localisation par acquisition NOAA).

A l'heure actuelle, nous disposons des modules élémentaires suivants : (en plus des modules spécialisés de décodage satellitaire)

- localisation des images des satellites NOAA obtenus par le radiomètre à balayage AVHRR, ainsi que de divers calculs s'y rapportant (cercle d'acquisition, poursuite antenne...)

Ce module est d'origine (2) et distribuée par le groupement SATMOS.

La précision obtenue, dépend grandement de la validité des paramètres orbitaux (dépendance suivant origine et modèle de veillissement).

C'est la méthode utilisée pour le calcul de localisation des images NOAA distribuée par le groupement SATMOS, pour la zone d'acquisition de LANNION.

- localisation d'images pour un satellite géostationnaire quelconque (de référence à une position donnée), et pour un radiomètre à balayage (angles instantanés de prise de vue, vitesse de balayage,...)

Ce module trouve une utilité dans les calculs de nos images Météosat, image parfaitement superposable à la réception après traitement au centre de DARMSTADT.

- localisation d'images CZCS du satellite NIMBUS7 (3), l'originalité réside en une visée oblique en avant de la trace du satellite.

V.3 LOCALISATION IMAGE CARTOGRAPHIQUE

Celle-ci est définie par le type de projection. En fonction du résultat recherché, il est possible de prendre en compte directement l'échelle de la projection, ou de travailler sur les dimensions d'image à une échelle locale fictive.

Il s'agit simplement de relations entre la taille de l'image calculée par le modèle de projection (X-Y) et sa taille raster (lig - pix), par le biais des caractéristiques du périphérique de restitution image.

VI MODELE DE BASE

VI.1 DONNÉE DE LOCALISATION

Afin de généraliser, la notion de localisation à une image quelconque (brute ou rectifiée, satellitaire ou non), nous introduisons la notion de "localisation" associée à une image.

Celle-ci est calculée à partir des modèles précédents (projection, navigation image brute) en certains points d'une grille de ligne et de pixels de l'image.

Aux points de calculs, on élabore un champ à 2 composantes (latitude et longitude). Ces points sont obtenus par la donnée des vecteurs de localisation d'une image en ligne et pixel dans l'intervalle des dimensions de celle-ci. Ceci permet la prise en compte de maillage de localisation non régulièrement réparti avec des densités de points plus importantes aux endroits intéressants (centre d'images pour les satellites défilants - cas de la donnée de localisation lues dans la source de CZCS/NIMBUS).

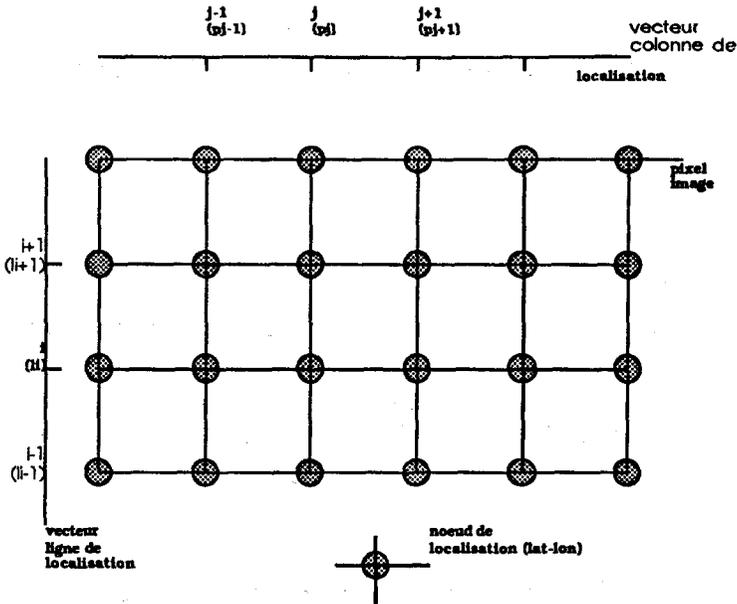


Figure 3 Image et localisation

Cette donnée permet de s'affranchir des particularités de chaque calcul de transformations lig - pix <----> lat - lon, dans le cadre d'une approche générale.

C'est une partie intégrante de la donnée satellitaire, pour les manipulations géométriques envisagées.

Les pas de localisation étant paramétrables, il est possible d'être aussi précis que désirée en calculant (à la limite), une localisation pour chaque pixel de l'image considérée.

Avec l'expérience et compte tenu de l'appréciation des déformations d'images, il est possible de trouver un compromis entre la taille de cette localisation et la précision que l'on attends lors des calculs qui suivent.

Par exemple pour les images AVHRR/NOAA distribuée par MASTER, le pas en ligne et pixel est de 32 soit 64 données pour une ligne de localisation (2048 pixels par ligne image), et près de 150 lignes de localisation pour une image complète d'acquisition de près de 5000 lignes images).

VI.2 INTERPOLATIONS DANS LA MATRICE DE LOCALISATION

VI.2.1 Direct

Passage lig - pix ---> lat - lon

Celle-ci est réalisée en deux temps :

- interpolation monodimensionnelle dans les vecteurs de localisation en ligne et pixel ;
- interpolation bidimensionnelle en valeurs (latitude et longitude), à partir des données aux coins du quadrilatère de localisation ainsi défini.

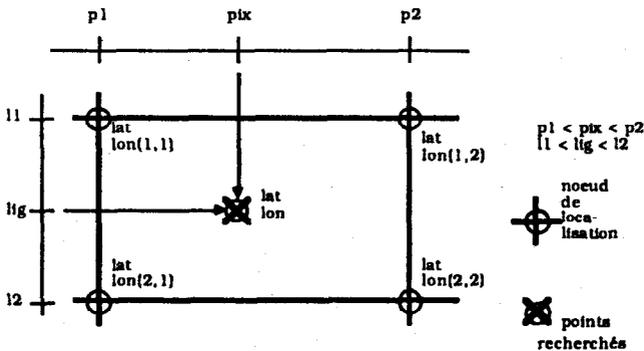


Figure 4 lig-pix ---> lat-lon

VI.2.2 Inverse

passage de lat - lon ---> lig - pix

Le schéma d'interpolation est plus complexe. On recherche tout d'abord le quadrilatère de localisation inscrit dans le point courant. Le résultat est positif si les produits vectoriels des paires de vecteurs sous tendants les côtés du quadrilatère sont de même signe.

Dans ce cas, on réalise une interpolation "intérieure" sur les hauteurs des triangles élémentaires ainsi définis.

Sinon, on recherche itérativement un nouveau quadrilatère inscriptible, par une méthode d'extrapolation linéaire "extérieure" (calcul des gra-

dients : accroissement des coordonnées cartographique et image, puis résolution d'un système linéaire).

Les sorties "anormales" sont prise en compte (impossibilité, point non trouvé,...).

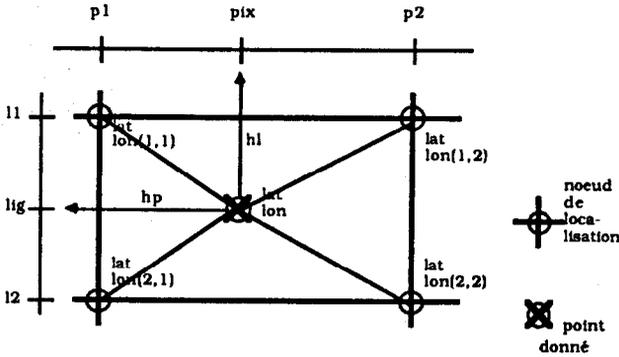


Figure 5 lat - lon ---> lig - pix

VI.3 UTILISATION

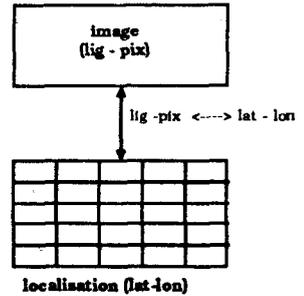
L'utilisation des deux modules décrit précédemment est capitale puisqu'elle permet :

- de positionner un point quelconque en latitude et longitude sur une image localisée :

Positionnement de données discrètes, trace de segment "cartographique" (base de donnée), trace de représentation cartographique diverses définit en latitude et longitude (isoligne),

- de donner les coordonnées géographiques d'un point quelconque d'une image localisée

Figure 6 Traitement géométrique d'une image



La mise en oeuvre de ces méthodes suppose évidemment d'avoir pris en compte, plusieurs cas "à problème", c'est-à-dire:

- point n'appartenant pas à l'image,
- point image mais n'appartenant pas à la sphère terrestre (visée espace des géostationnaires),
- point de l'image non référencable (image avec information satellitaire plus petite que le domaine localisable...).

Il est de plus indispensable de prévoir des outils de manipulation de la donnée de localisation :

- cas de l'échantillonnage d'une sous image,
- ajustement de la localisation calculée, après un décalage en lignes et pixel. C'est le cas général des images AVHRR/NOAA ou cet ajustement sur 1 point d'amers reste malgré tout nécessaire pour compenser un décalage ligne liée à l'imprécision des paramètres orbitaux de calcul (temps de référence de l'orbite, 6 lignes d'images étant générées par seconde).

VII - RECTIFICATION REDRESSEMENT D'IMAGES

Il s'agit des méthodes de reconstitution d'une image destination "en fonction des données d'une image" source.

Elles reposent sur l'utilisation de deux procédures "classiques" en technique de télédétection et de traitement

d'images, avec 2 modèles :

- modèle de déformation d'une image,

- modèle de rééchantillonnage image.

VII .1 DÉFORMATION

Il s'agit de mettre en relation chaque point (lig - pix) de l'image "destination" avec des coordonnées de l'image "source".

soit

$$\text{image DEST} = f (\text{image SOURCE})$$

où f est la fonction de déformation

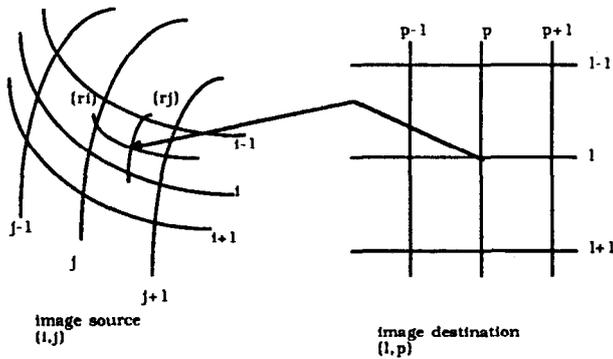


Figure 7 fonction de déformation

Le cas d'un modèle linéaire, obtenu après la prise de points d'amers a été détaillé dans (4).

Pour la méthode à partir des localisations, le schéma d'extraction est le suivant :

$$(\text{lig/pix}) \text{ Dest} \rightarrow (\text{lat/lon}) \rightarrow (\text{lig/pix}) \text{ Source}$$

Il est réalisé par appel aux modèles élémentaires décrits précédemment.

Le résultat est une donnée de "déformation" (matrice), par couple image source et destination, mettant en relation au point de localisation de l'image destination, les coordonnées de l'image source correspondante.

Une interpolation bilinéaire, dans le quadrilatère de déformation, permet de restituer pour chaque points (lig/pix) de l'image de destination les coordonnées réelles (lig/pix) de l'image source.

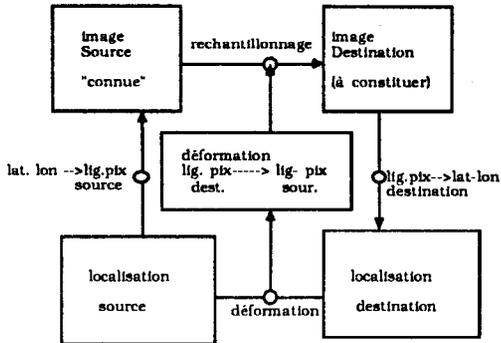


Figure 8 Rectification

VII.2 RÉÉCHANTILLONNAGE IMAGE

C'est la reconstitution de la valeur du pixel destination en fonction du pixel théorique précédemment calculé (exprimées en réel) de l'image source.

Plusieurs schéma d'interpolation, existe :

- le plus simple : approximation au plus proche voisin en ne retenant que les valeurs entières du pixel SOURCE le plus proche.
- interpolation bilinéaire dans le quadrilatère considéré (ligne et ligne + 1, pixel et pixel + 1)
- interpolation par des méthodes plus compliquées en considérant également les pixels proches (bicubique, spline).

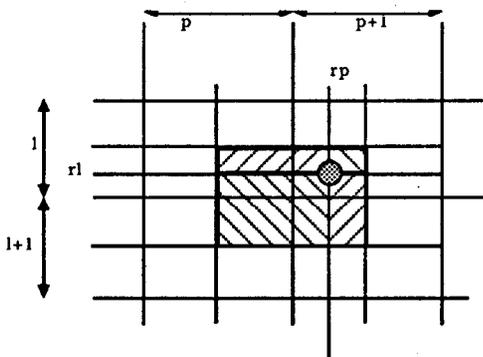


Figure 9 Interpolation pixel destination

Le choix du schéma d'interpolation dépend essentiellement des tailles relatives des pixels dans les images source et destination.

- cas sur-échantillonnée, la méthode au plus proche voisin est satisfaisante (technique proche de l'échantillonnage d'une image).

- cas sous-échantillonné : la méthode simple donne un résultat qui manque de finesse, les pixels de l'image source étant simplement déformés. Les méthodes plus élaborées, recrée de l'information (interpolation), et donne une image d'aspect plus lissé, avec certains problèmes de seuil pour certaines images (transitions terre/mer par exemple).

On a donc tout intérêt, à rectifier des images, proche de la résolution "nominale" brute pour conserver le maximum d'information.

Des études plus théoriques restent à réaliser pour pouvoir quantifier exactement les erreurs ainsi commises et choisir à bon escient la méthode ad-hoc.

La réalisation du rééchantillonnage image, est facilitée par l'accès à la "mémoire virtuelle" du calculeur, qui conserve la totalité de l'information source en mémoire centrale, sans s'obliger à une réalisation segmentée de la rectification "par morceaux" avec les accès disque et les problèmes de recollage aux bords des segments.

VIII REALISATION PRATIQUE

La mise en oeuvre des méthodes précédentes, a suivi la démarche qui prévaut à l'élaboration de tout logiciel (de modélisation ou non)

- demande "thématique" et tentative de rédaction d'un cahier des charges avec les utilisateurs concernées.

Cet aspect n'est pas le moindre, puisqu'il a fallu informer les utilisateurs potentiels de la puissance (et des limites) de l'outil informatique. De plus l'absence de moyens, puis de temps de développement, à considérablement freinée l'avancement de ce projet (les premières réflexions sur ces problèmes de rectification date de maintenant 3 années..) (5).

La décision de réalisation a été motivée par l'absence effective d'un tel outil "généraliste", surtout au niveau de sa disponibilité (programmes) et de son utilisation auprès de non spécialistes.

- réflexion sur les outils, les méthodes et les techniques à mettre en place pour réaliser le travail, en essayant de généraliser un maximum l'approche retenue (données, représentations, outils mathématiques...) indépendamment des spécificités applicatives à court terme.

La mise au point d'outils numérique de base (interpolation essentielle) et la définition de structures de données (localisation, déformation) ont été les points essentiels du développement.

- réalisation informatique, et ce n'est pas la moindre part, compte tenu d'approches courantes dans certains milieu de recherche scientifique, à savoir la réalisation de "programmes qui tournent", sans se soucier de sa validité, de son évolution et de son réemploi (voire de son utilisation rendu pratiquement impossible par tout autre programmeur que celui de l'écriture initiale...).

Dans le cas présent de ce produit, les 3 composantes ont été réalisées par la même et unique personne, qui se doit de rassembler des compétences multiples.

J'insisterais plus spécialement sur la mise en place pratique des méthodes exposées, au sein d'un logiciel général de traitement de données satellitaires tel qu'il a été réalisé à l'Antenne ORSTOM de Lannion, pour plusieurs utilisations (développement, applicatifs, libre service...).

Ce logiciel, dénommé TRISKEL est détaillé dans (6).

Le logiciel développé est un ensemble de programmes et de structures de données. Il a été écrit avec le souci d'une "qualité logicielle", à savoir :

- à l'exploitation, conviviale auprès de non spécialiste,
- à la maintenance et à l'évolution du produit,
- à la réutilisation de celui-ci sur d'autres sites (portabilité) ou avec d'autres applications.

Ceci conduit à une réalisation informatique tant à l'analyse qu'à l'écriture, structurée, hiérarchique et modulaire.

Concernant la portabilité effective du logiciel, celui-ci dépend pour les parties imagerie (restitution, visualisation), des facilités offertes sur le site de développement.

Le logiciel TRISKEL intègre différents modules de traitement des données de télédétection :

- couche d'accès aux données et aux représentations (image, champ, localisation...),
- module de décodage satellitaires,
- module "image" avec traitement et la partie spécifique de restitution (impression, visualisation),

- module "champ".
- modules de projection cartographiques et navigation satellitaire,
- module de rectification permettant :
 - * l'élaboration de localisation pour diverses images (satellitaires, projection cartogra- phique...)
 - * l'élaboration de "déformation",
 - * la rectification par rééchantillonnage d'une ou de plusieurs images (constitution de mosaïques)
- module de positionnement dans une image.
- module graphique, en mode raster, avec la constitution de carte à partir de base de données (trait de côte, frontière politique, réseau hydrogra- phique), et de données spatialisées ordonnées,
- un interface graphique (vecteur), à la norme GKS, permettant l'utilisation des modules de haut niveau fournies dans le progiciel NCAR (isolignes,...).

Cet ensemble permet la superposition et restitution d'informations images (rectifiées ou non) et de données spatiali- sées (champ, cartogra- phie).

La chaîne actuelle, privilégie sans doute l'approche "raster" avec la consti- tution de fichiers de type image, visualisable et imprimable dépendant du matériel sur le site. Ceci est dû au fait de l'absence de moyens décent en matière d'infographie à l'Antenne ORSTOM de Lannion (pas de console graphique, ni de traceur).

IX APPLICATIONS

Celles-ci sont nombreuses et sont devenues "banalisées" pour les cher- cheurs de l'Antenne de Lannion, tant pour des travaux à caractères opéra- tionnels (Veille Climatique Satellitaire) ou de traitement en libre service pour divers programmes de recherches.

La généralité des outils en place ne faisant aucune hypothèse sur le type de données satellitaires (météorologiques dans ce cas), en font un outil puissant pour de multiples utilisations, avec l'environnement existant.

X CONCLUSIONS

Nous avons présenté une méthodologie de traitement géométrique d'images de télédétection, permettant rectification "cartographique" et superposition de données "multisources" de données images ou non.

Ces méthodes ont été implantés au sein d'un logiciel général de traitement de données satellitaires, logiciel utilisé en routine par les chercheurs sur le site de LANNION.

L'étape prochaine (89) de développement méthodologique, est l'utilisation de données cartographique, ses relations avec l'image satellitaire proprement dit et l'élaboration de méthodes "unifiées" (normalisées) en représentation d'images et de graphiques indépendamment du matériel.

XI BIBLIOGRAPHIE

- 1 - PASQUAY, Cours de géodésie, projections, ENSTA 1971
- 2 - P. BRUNEL, A. MARSOUIN, Positionnement géographique des images AVHRR des satellites NOAA, Cahier SATMOS N° 2, Centre de Météorologie Spatiale de Lannion, Février 86
- 3 - W.H. WILSON, R.C. SMITH, J.N. NALTEIN, The CZCS geolocation algorithms, University of Californian, San Diego, Scripps institution of Oceanography, La Jolla, California, October 81
- 4 - D. DAGORNE, Rectifications par points d'amers, Note interne ORSTOM/Lannion, 1984
- 5 - Avant projet 2B, Collaboration Bretagne Image, sous thème : images satellitaires, 1985
- 6 - D. DAGORNE, Traitement des données satellitaires à l'Antenne ORSTOM de Lannion: Le logiciel TRISKEL, Veille Climatique Satellitaire n° 23, Août 88