

UTILISATION OPERATIONNELLE DE LA TECHNIQUE D'AJUSTEMENT PAR BLOC
DANS LA REALISATION D'UNE MOSAIQUE RADAR DE PRECISION

RADAR BLOCK ADJUSTEMENT TECHNIQUE
APPLIED TO PRECISION CARTOGRAPHIC MOSAIC IMAGERY

par

J.M. MONGET

*Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris
Rue Claude Daunesse
Sophia-Antipolis, 06565 Valbonne Cédex (France)*

J. NOEL - Y. PATOUREAUX

*Sodetec - Division Espace
9, Avenue Réaumur
92350 Le Plessis-Robinson (France)*

R.D. REAGAN

*Aero Service
8100 West Park
Houston TX 77063 (USA)*

ABSTRACT

The Ministère des Mines et du Pétrole du Gabon has decided to undertake a global mineral assessment using radar and aerogeophysics survey in conjunction with geochemistry and ground geology mapping.

Apart from the structural information acquired from radar, it was decided to rely on this instrument, in order to update the cartographic base of Gabon. The precision controlled mosaics of radar imagery have been produced using a block adjustment method.

In December 1981, Aero Service Corporation conducted an airborne Synthetic Aperture Radar survey of Gabon for the purpose of producing a national radar mosaic at a scale of 1:1,000,000 in addition to mosaic sheets at a scale of 1:200,000, strip enlargements at 1:200,000, portions of strip enlargements at 1:50,000 and contact prints at 1:400,000.

The survey covered the entire area of Gabon (approx. 267,700 square km) and all map products were to be accurate within 300 meters. The lack of suitable base maps made conventional map controlled compilation impractical and prompted Aero Service to employ block adjustment. This technique was particularly well suited in this case as there exist a suitable number of monumented control points forming a well distributed network throughout Gabon.

1. INTRODUCTION

Le plan minéral du Gabon [1] établi en 1971 proposait des axes nouveaux de prospection détaillée pour les minerais dont des indices étaient connus (fer, bauxite, diamant, or, étain, cuivre, plomb-zinc, nickel-chrome ...) Il proposait également des recherches visant à une meilleure connaissance de la géologie et des ressources potentielles du pays par application de techniques nouvelles.

L'expression de ce besoin est à l'origine d'un vaste programme mis en oeuvre actuellement par le Ministère des Mines et du Pétrole du Gabon, et dans lequel coopère la SODETEG, société française d'ingénierie, en tant que Maître d'Oeuvre, avec la participation du Centre de Télédétection et d'Analyse des Milieux Naturels (C.T.A.M.N.) de l'Ecole des Mines.

Ce programme comprend notamment les opérations suivantes :

- La réalisation d'une couverture de la totalité du territoire par radar latéral aéroporté. La mission aérienne a été réalisée par AERO SERVICE en Décembre 1981.
- L'acquisition des données aérogéophysiques - magnétisme et gammamétrie sur le socle précambrien.
- La réalisation de campagnes de contrôles géologiques et de relevés géochimiques sur le terrain à l'échelle du 1/200.000, avec comme premier objectif la zone du transgabonais.

En ce qui concerne la mission radar, l'objectif est triple :

- Fournir une base cartographique fiable, utilisable pour le repérage des équipes de prospection au sol.
- Reprendre la géologie structurale de l'ensemble du territoire.
- Obtenir un document utile pour les besoins des autres ministères.

2. LES CARACTERISTIQUES DE LA MISSION RADAR

Il est actuellement largement reconnu que l'observation radar aéroportée est d'une grande utilité pour la cartographie et la reconnaissance géologique. Dans le cas du Gabon, on a utilisé un radar à ouverture synthétique, radar latéral à fonctionnement cohérent produisant des images de haute résolution après enregistrement des signaux bruts, suivi d'un traitement approprié [2].

Cet instrument de télédétection fonctionne dans une bande très étroite du rayonnement électromagnétique. Dans le cadre de la mission Gabon, l'énergie réfléchie par les objets au sol, est enregistrée sur film photographique dans la bande des 3 cm (bande x).

La résolution au sol de l'image radar est une fonction directe de la longueur apparente de l'antenne émettrice à bord de l'avion. Une façon naturelle d'accroître la résolution consiste donc à employer des antennes de longueur croissante, mais cette approche est vite limitée par des problèmes d'encombrement physique. La technique de l'ouverture synthétique permet de pallier à cet inconvénient. En fait, dans ce cas, la résolution n'est plus liée aux dimensions physiques de l'antenne, mais aux propriétés de l'antenne virtuelle qui est électroniquement synthétisée. Dans le cas du radar Good-Year employé ici, l'antenne physique a 1,5 mètre, mais elle est, par synthèse, équivalente à une antenne de plusieurs centaines de mètres.

Lorsque l'avion est en vol, l'antenne "regarde" perpendiculairement à la

trajectoire de
L'intensité de
l'antenne, en m

L'int
prétation direc
par corrélation
laser cohérent
complexe où de
pellicule photo

La so
Mapping System
conçu pour la c
bord d'une cara
altitude, entièr
manches techniq

- Nav
l'a
don

- Ut
ass
cou

- Enr
dou
mic
fid

- Réf
ave
tra

La mi
axes de vol ori
navigation à in
diens régulière
étant maintenue
successifs d'er

La pl
réaliser à part
radar couvrant

3. LA REALISATION

Compt
phiques avec le
seul moyen de f
particulier pou
résolution et u
(radar Goodyear
tique, qui a un
1/50.000 de l'i

La mé
la carte topogr
manque de préci
samment détaill

trajectoire de l'avion, direction dans laquelle elle émet et reçoit les micro-ondes. L'intensité de l'énergie reçue est enregistrée au cours de balayages successifs de l'antenne, en même temps que la fréquence émettrice de référence.

L'information combinée qui en résulte forme un hologramme dont l'interprétation directe est impossible. Celle-ci est transformée en image intelligible par corrélation du film holographique produite par une illumination en lumière laser cohérente à travers une lentille cylindrique. Le résultat de ce processus complexe où de nombreux paramètres techniques interviennent, est enregistré sur pellicule photographique pour former une image manipulable.

La société Aero Service emploie le système GEMS (Goodyear Electronic Mapping System), radar à ouverture synthétique opérant en bande X, spécialement conçu pour la cartographie terrestre de haute résolution. Ce système est monté à bord d'une caravelle appartenant à Aero Service, seul appareil à réaction de haute altitude, entièrement dévolu à ce type d'utilisation. Un certain nombre de performances techniques sont particulièrement remarquables :

- Navigation utilisant un système à inertie pour corriger la route de l'avion, orienter en temps réel l'antenne du radar et fournir les données de vitesse et d'échelle.
- Utilisation d'une antenne synthétique de plusieurs centaines de mètres, assurant ainsi une excellente résolution au sol quasiment constante au cours du balayage transversal.
- Enregistrement d'une longueur de film holographique égale à soixante-douze fois la longueur de l'image finale, de façon à assurer une dynamique suffisante du signal réfléchi, et à fournir une excellente fidélité géométrique.
- Référence à la fréquence principale de battement, de façon à établir avec précision l'orthogonalité des impulsions radar par rapport à la trajectoire de l'avion.

La mission a été volée au-dessus du Gabon en Décembre 1981, selon des axes de vol orientés Nord-Sud, le faisceau radar portant vers l'Est. Le système de navigation à inertie a été réglé de façon à assurer un plan de vol fait de méridiens régulièrement distants de 15 minutes en longitude, l'altitude de l'avion étant maintenue à 12.000 mètres, ce qui a permis un recouvrement entre axes successifs d'environ 25 %.

La planification particulièrement soignée de cette mission a permis de réaliser à partir des hologrammes enregistrés à bord, une mosaïque des images radar couvrant l'ensemble du Gabon (Figure 1).

3. LA REALISATION DE LA MOSAIQUE RADAR

Compte tenu de la difficulté de réalisation de bonnes cartes topographiques avec les moyens aériens classiques au Gabon, le radar est apparu comme le seul moyen de fournir rapidement un document de base qui est indispensable, en particulier pour la prospection au sol et les vols aérogéophysiques. Une bonne résolution et une bonne précision géométrique étaient donc exigées. Le radar retenu (radar Goodyear mis en oeuvre par Aero Service) est un radar à ouverture synthétique, qui a une résolution de 12 mètres, permettant des agrandissements au 1/50.000 de l'image.

La méthode classique d'ajustement des mosaïques par calage de l'image sur la carte topographique existante ne pouvait pas être utilisée, à cause de son manque de précision et de la nécessité de disposer de cartes topographiques suffisamment détaillées.

Aussi, une méthode nouvelle plus puissante a été utilisée, qui consiste à recalculer directement l'image radar sur les points géodésiques existants réalisés par l'IGN, et qui sont nombreux (Figure 2). Le repérage de chacun de ces points étant disponible au Gabon sur photo aérienne au 1/50.000, il a donc été possible de les rechercher sur l'imagerie par reconnaissance directe et report (Figure 3). Cette phase a permis de reporter 114 points géodésiques sur l'imagerie avec une précision de report évaluée à quelques dizaines de mètres. Il est à remarquer que, dans le cas du Gabon, ce sont les points liés à des traits hydrologiques ou morphologiques qui ont pu être reconnus par opposition aux éléments anthropiques dont le contraste est souvent peu marqué.

Les coordonnées absolues des points géodésiques, ainsi que les coordonnées relatives des points de liaison entre chaque bande ont été utilisées par une méthode d'ajustement par bloc, développée par F. Leberl [3]. La précision de cette mosaïque a été établie statistiquement, en calculant la variance des résidus aux points de référence IGN ; elle est de 170 m sur l'ensemble du pays.

3. CONCLUSION

Le résultat obtenu permet de produire des documents compatibles avec les exigences de la cartographie au 1/200.000, tout en fournissant des agrandissements au 1/50.000, parfaitement utilisables pour le repérage au sol des équipes de prospection géologique.

L'image radar en elle-même va d'autre part fournir une nouvelle base de travail pour la connaissance à petite échelle de la géologie du Gabon [4].

L'angle de visée rasant, accentuant les traits du paysage, permet en effet une intéressante approche de type géomorphologique et structurale, une analyse exhaustive des structures linéaires contenues dans l'image, et met en évidence les directions principales de fracturation. En fonction de la densité de cette fracturation, et des noeuds de recoupement des grandes directions, une approche de l'intérêt minier potentiel des différentes zones sera réalisée.

L'image radar apporte aussi des informations spécifiques dans chacun des domaines d'étude du milieu naturel, et en particulier pour la cartographie des peuplements forestiers, la pédologie, et les études d'aménagement.

Outil de travail multithématique, cette couverture radar va permettre au Gabon de constituer une banque de données sur ses milieux naturels, qui placera ce pays au niveau international le plus avancé des réalisations dans ce domaine.

REMERCIEMENTS

Nous remercions le Ministère des Mines et du Pétrole de la République Gabonaise pour avoir autorisé cette publication, et, tout particulièrement, Monsieur Guerangué Apamba, Directeur Général des Mines et de la Géologie, ainsi que Monsieur Dioulli Ousso, Directeur de la Géologie.

REFERENCES

- [1] Plan Minéral, 1971
Ministère des Mines, Direction des Mines, République Gabonaise.
- [2] H. Jensen, L.C. Graham, L.J. Porcello, E.N. Leith, 1977
Side looking airborne radar. *Scientific American*, Vol. 237 n° 4, p. 84-95.
- [3] F. Leberl, H. Jensen, J. Kaplan, 1976
Side looking radar mosaicking experiment. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 42 n° 6.

[4] H. Hudele
Carte géo

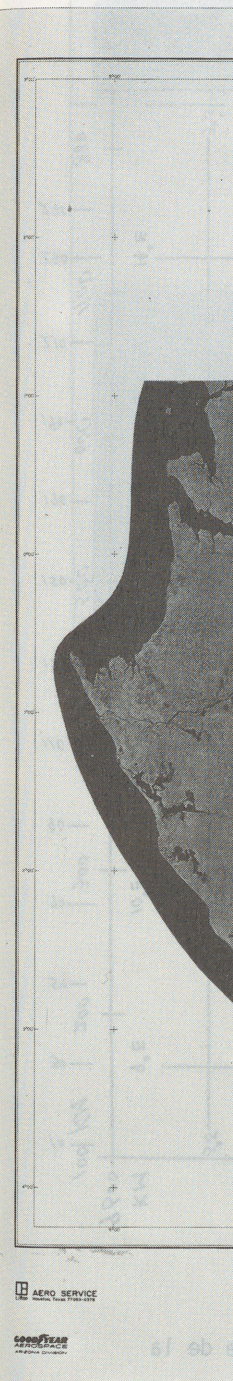


Figure 1 : Ph
po

[4] H. Hudeley, Y. Belmonte, 1970
 Carte géologique de la République Gabonaise. *Mémoires du BRGM*, n° 72.



AERO SERVICE
 Echelle 1/1 000 000

PROJET RADAR GABON
 MINISTÈRE DES MINES ET DU PÉTROLE
 DIRECTION GÉNÉRALE DES MINES
 ET DE LA GÉOLOGIE

SYSTÈME DE COORDONNÉES	PROJET	DATE
ETATS UNIS	PROJET	1970
PROJET	PROJET	1970
PROJET	PROJET	1970
PROJET	PROJET	1970

SAR System
 SYSTEME DE COORDONNÉES

Figure 1 : Photomosaïque de la mission radar, produite à l'échelle 1/1.000.000 pour l'ensemble du territoire du Gabon

qui consiste
 ants réalisés
 s ces points
 été possible
 t (Figure 3).
 ie avec une
 remarquer que,
 ques ou mor-
 hropiques dont

les coor-
 tilisées par
 précision de
 ce des résidus
 ys.

ibles avec les
 grandissements
 uipes de

velle base de
 n [4].

permet en
 ale, une
 et met en
 la densité de
 ons, une
 alisée.

ans chacun des
 raphie des

a permettre au
 qui placera ce
 domaine.

République
 rement,
 logie, ainsi

p. 84-95.

ering and

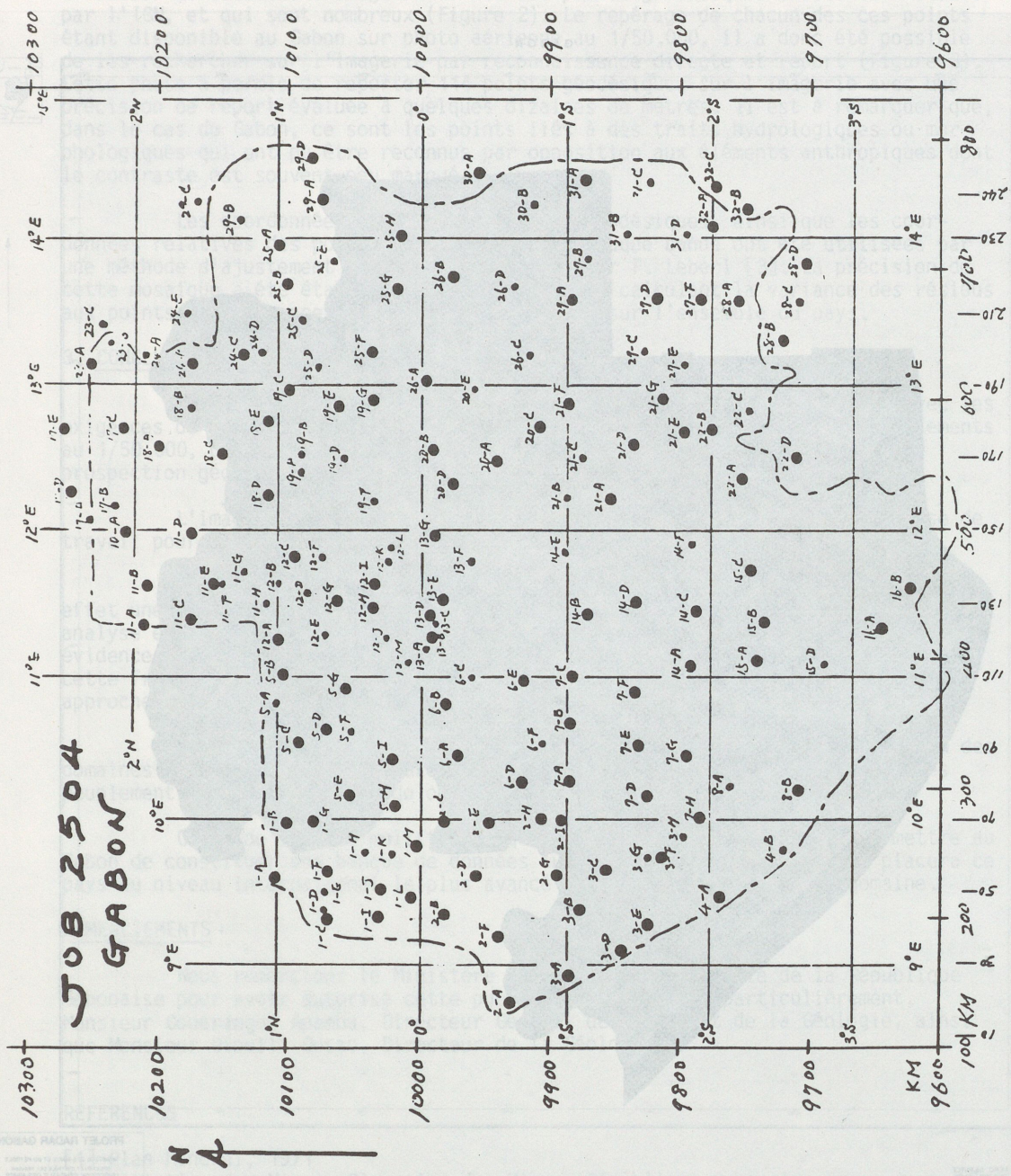


Figure 2 : Réseau des points géodésiques IGN utilisés pour le recalage de la mosaïque radar.

Figure 1 : Photomosaïque de la mission radar, produite à l'échelle 1:1000 000 pour l'ensemble du territoire du Gabon. L'ensemble des points géodésiques IGN utilisés pour l'ensemble du territoire du Gabon. Photographie aérienne et planimétrie. Vol. 42 n° 6.

Figure 3 : PH
Le
S

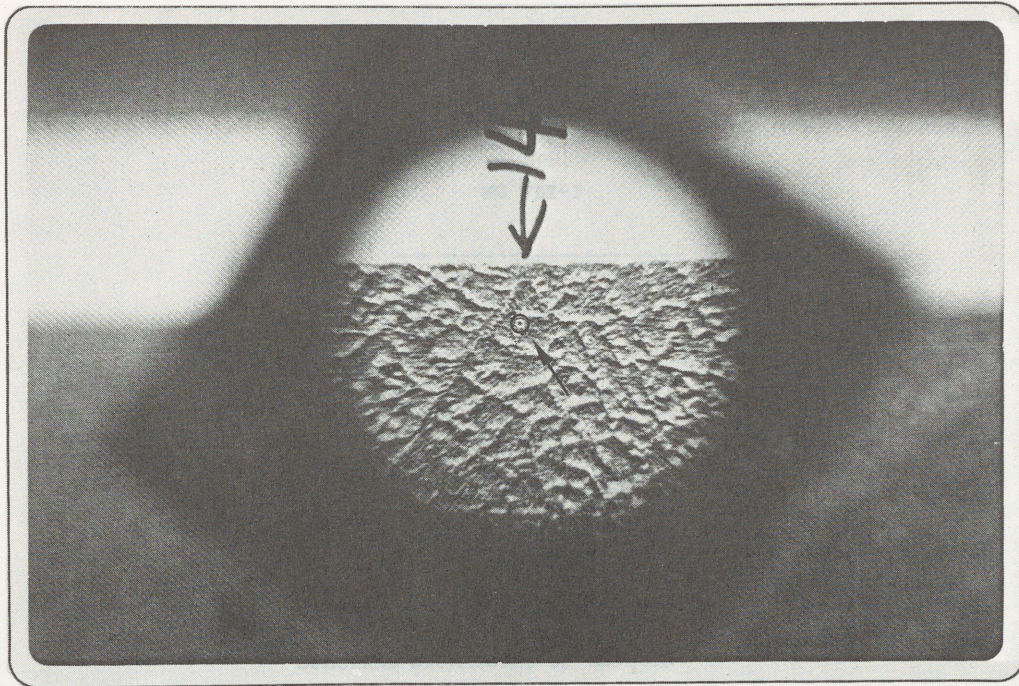
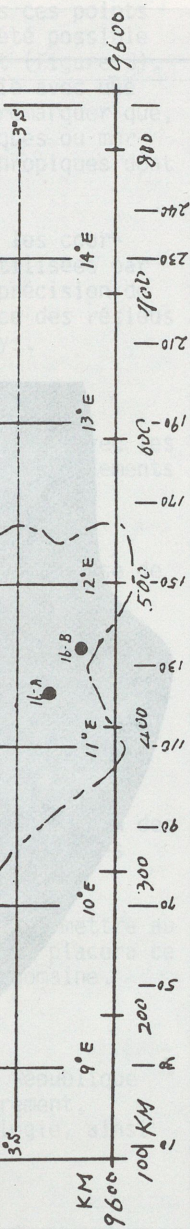


Figure 3 : Phase de repérage précis d'un point géodésique sur image radar.
 Le point est marqué par un cercle blanc dont la précision de localisation est évaluée à quelques dizaines de mètres.

de la

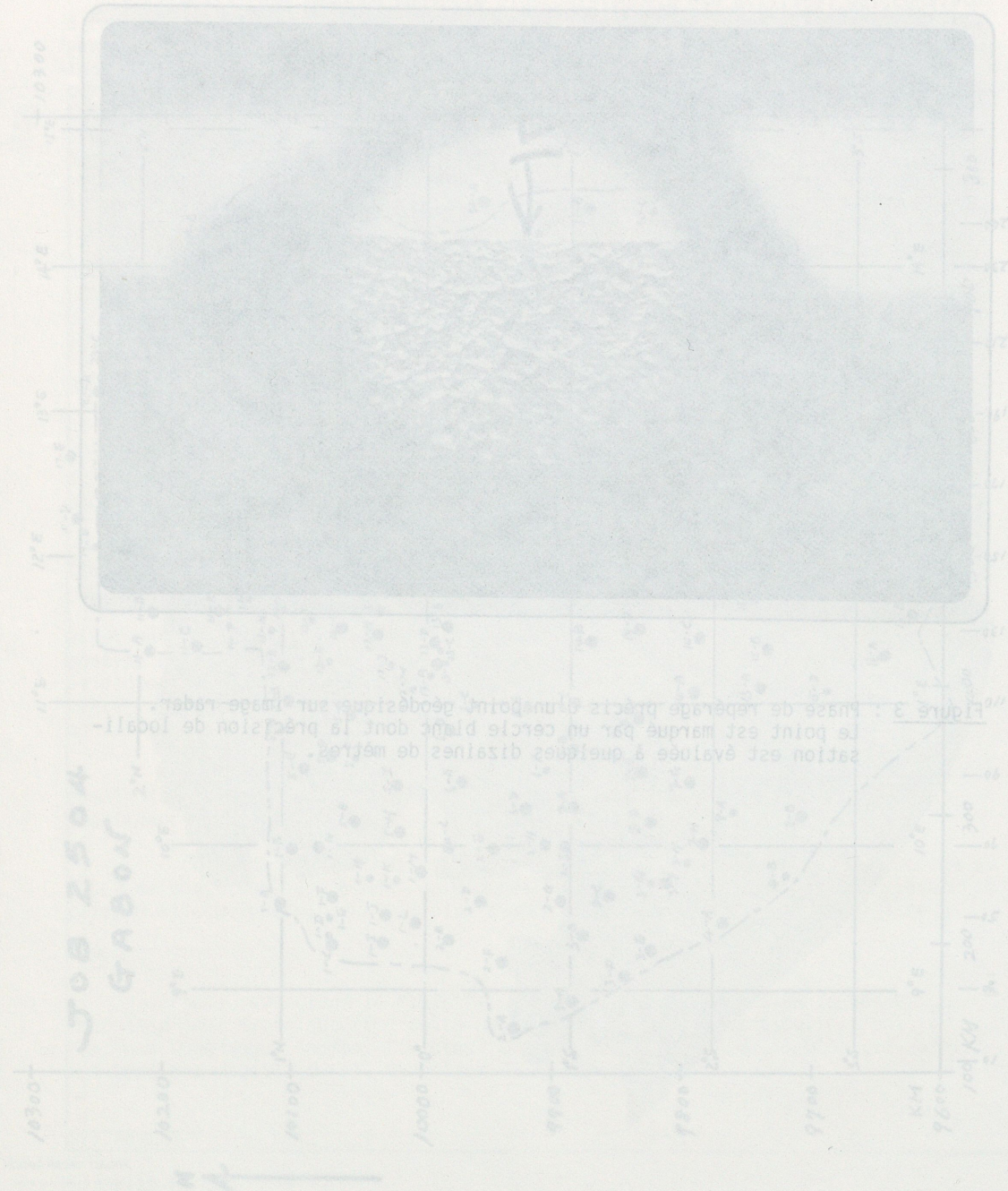


Figure 2 : Réseau des points géodésiques IGK utilisés pour le recalage de la mosaïque radar.

I. INTRODUCTION

In the past, assessment of 88% for est cultivated resolutions various re which cons Digital Mul Color-film experiences sufficient sensing stu materials a operation, path, and r thus import characteriz the BRDF-ex followed to under diffe Three Band for taking growing a reflectance