

2) Concertation à la fin de l'opération topographique sur le terrain

A la fin de l'opération topographique sur le terrain, les points relevés et les décisions ayant eu lieu lors de la concertation entre les deux parties ont été reportés dans des procès-verbaux et un compte rendu provisoire portant sur l'avancement des travaux, dont le résumé est comme suit (voir annexe 8).

- * L'IGNN a remis le manuscrit de calque des annotations à l'équipe d'étude qui le lui avait soumis pour approbation, examiné et signé par le responsable concerné de l'IGNN.
- * L'IGNN a remis à l'équipe d'étude, copie des originaux (36 feuilles) de compilation, avec des limites administratives ajoutées.
- * Après avoir examiné conjointement les éléments représentés sur la carte topographique, les informations marginales, et l'habillage en général, ainsi que les couleurs des feuilles-témoins, les deux parties se sont mises d'accord sur ces points.
- * L'IGNN a dressé un tableau définitif des noms des organismes publics, des règles d'annotation et de celles d'abréviation.
- * Sur la base de présentation des éléments utilisée par l'IGN France, l'IGNN a officiellement adopté le système nouvellement fixé pour la représentation des noms de lieux. L'IGNN a présenté un document explicatif dudit système à l'équipe d'étude (voir annexe 8-2).
- * L'équipe d'étude a donné un aperçu du calendrier des opérations de rédaction et d'impression devant être effectuées au cours de la 4e année de l'étude.

2-7 APERÇU DE L'ÉTUDE EFFECTUÉE EN 4E ANNÉE DU PROJET

De la 1ère à la 3e année de l'étude, on préparait un rapport pour archivage à chaque fin du volet annuel de l'étude portant sur le déroulement des opérations. Pour la 4e année qui sera le dernier volet du projet, un tel rapport annuel sera remplacé par le présent rapport faisant la synthèse des opérations de l'étude et qui rendra compte également du déroulement des travaux.

(1) Aperçu de l'étude

En 4e année de l'étude, la rédaction des 20 feuilles (15.000 km²) non exécutées au cours de la 3e année, ainsi que l'impression de 36 feuilles ont été effectuées.

1) Périodes d'opération

Les périodes d'opération ont été comme suit:

Rédaction: fin juillet 1995 à mi-octobre 1995

Impression: début octobre 1995 à fin janvier 1996

2) Rédaction

L'opération de rédaction a été effectuée suivant la méthode du tracé sur couche négative, sur la base des manuscrits de la carte topographique, afin de réaliser pour chaque couleur, un original de la rédaction. Cette opération a été conduite en partie au cours de la 3^e année et la partie restante en 4^e année. Le Fig. 1 indique la zone faisant l'objet de la rédaction au cours de la 4^e année.

L'opération de rédaction a été menée dans l'ordre suivant:

pointage des feuilles, traçage sur couche, préparation des masques (couche à dénuder, dite "strip coat" et couche à peler, dite "peel coat"), couches d'annotations et de signes topographiques, représentation des éléments marginaux, préparation du négatif et du positif, et contrôle d'épreuves. Pour de plus amples renseignements, prière de vous reporter au rapport d'activité pour le volet de la 3^e année.

Les originaux de la rédaction de la carte établis sont les suivants:

- * couches de tracé
- * masques (couches à dénuder, à peler)
- * couches d'annotations, de signe (support en polyester)

3) Impression

Pour l'impression de la carte de base, l'on a procédé, en utilisant les originaux de la carte établis par l'opération de rédaction dans l'ordre suivant: exécution des clichés, contrôle d'épreuves, et impression. Le Fig. 2 indique le numéro de référence des feuilles de la carte de base imprimées.

L'ensemble d'opérations ont été menées suivant la procédure ci-dessous:

(1) Exécution des clichés

Pour exécuter des clichés dont un suffit pour chaque couleur, on a utilisé des négatifs des originaux de la rédaction et des plaques d'aluminium photosensibles.

(2) Contrôle d'épreuve

Avec les clichés réalisés, ont été faites des épreuves qui ont servi à la correction de la carte de base. Ces épreuves ont été contrôlées minutieusement, afin de déceler d'éventuels défauts, tels que le défaut de pointage, le flou ou la discontinuité des traits, les nuances de couleurs, etc. Suivant l'observation de ces épreuves, des corrections ont été apportées, au besoin, aux originaux de la rédaction pour réaliser de nouveaux clichés. L'opération du contrôle d'épreuves a été menée, avec la participation de deux personnes de la part de l'IGNN en visite au Japon.

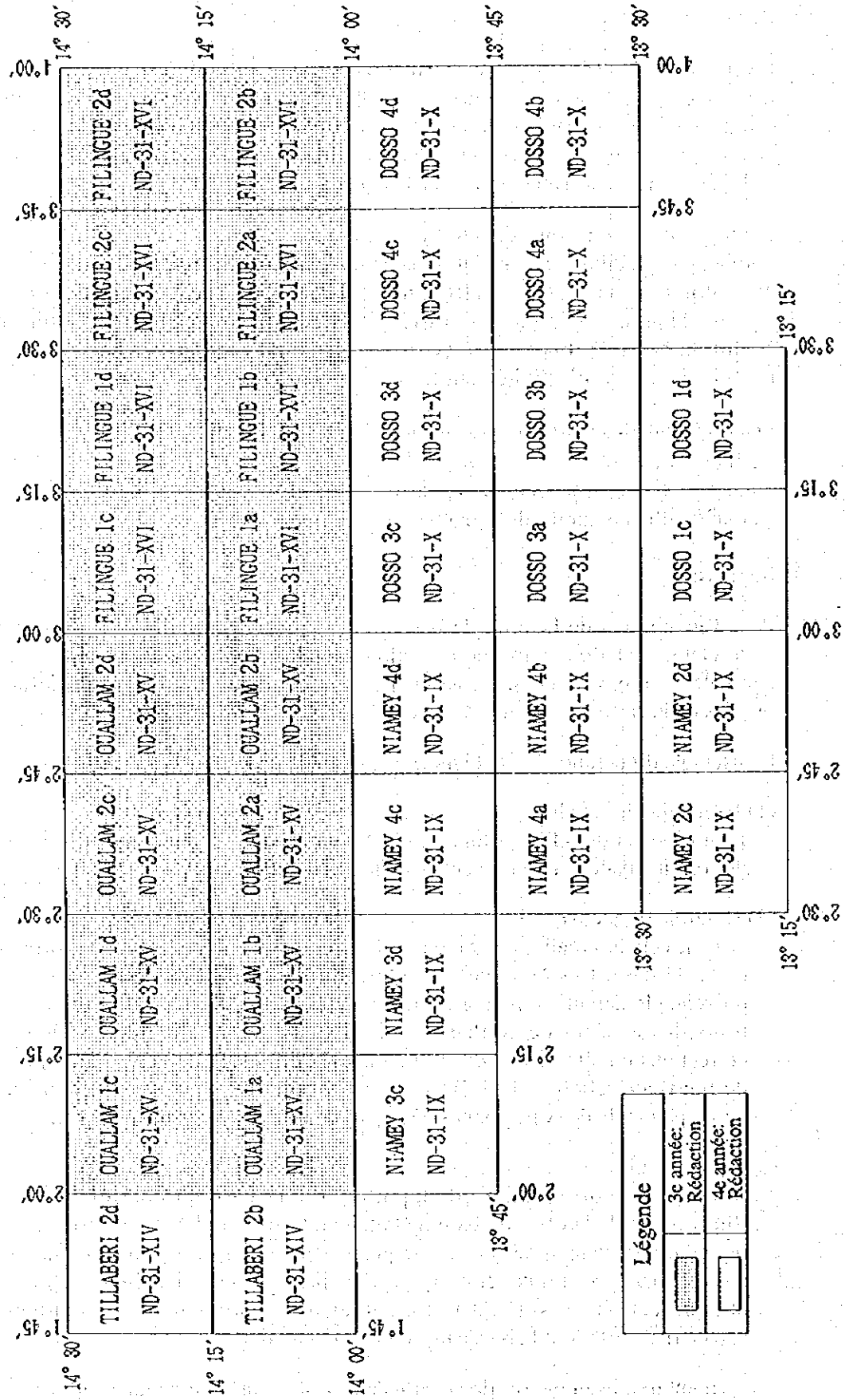
(3) Impression

Sitôt que la correction a été apportée, sur la base du contrôle des épreuves, l'impression de la carte de base a été faite à l'offset à plat, sur un papier capable de reproduire fidèlement les détails graphiques imprimés et résistant au pliage répétitif, spécialement prévu à cet effet. Quant à l'encre utilisée pour l'impression, elle avait été confectionnée suivant notre cahier des charges pour ses couleurs et ses caractéristiques, dont la résistance élevée à la lumière.

Le nombre d'exemplaires de la carte de base imprimés est comme suit:

1.001 exemplaires pour chacune des 36 feuilles

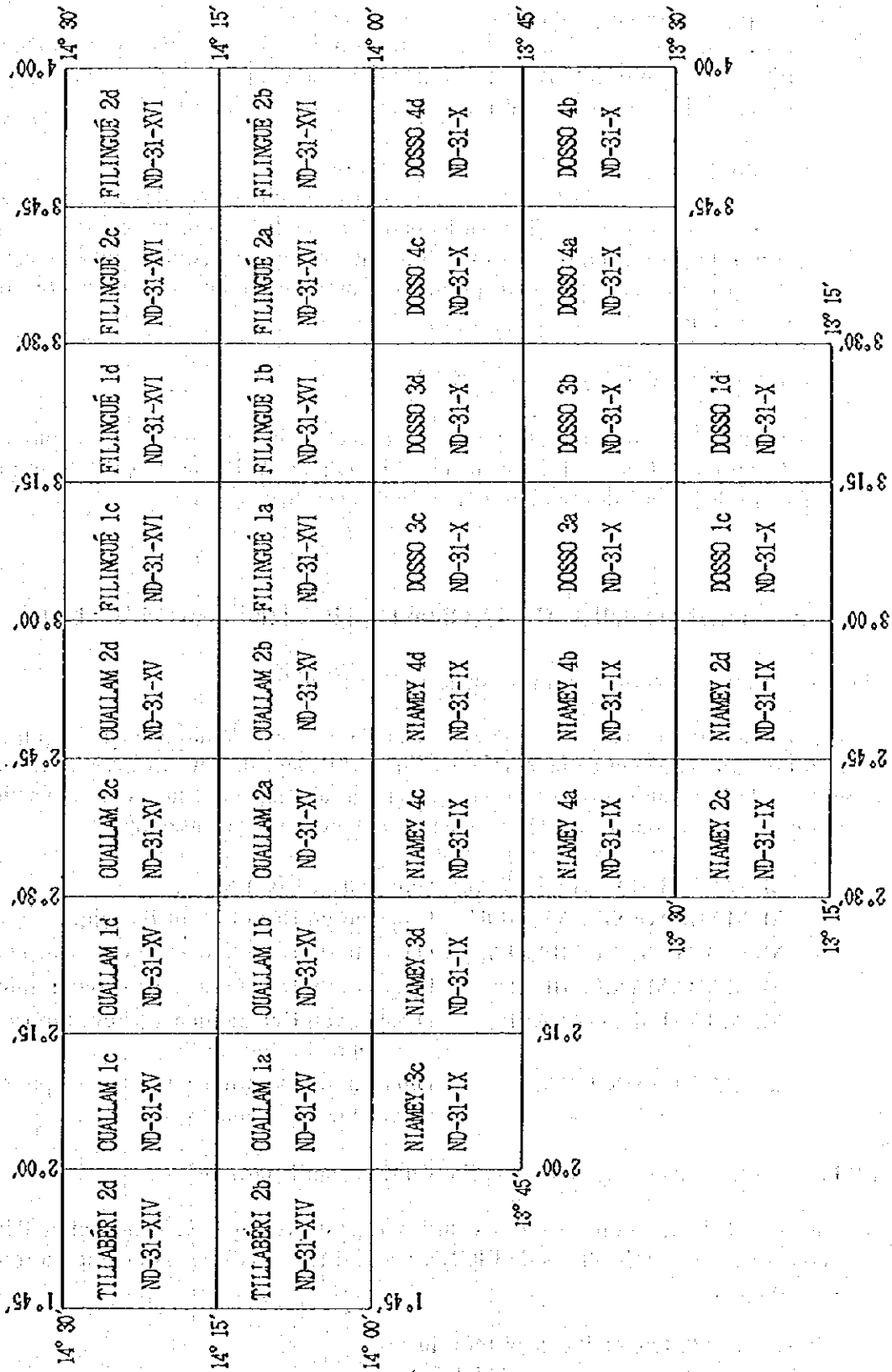
Fig. 1 Avancement de l'opération de rédaction exécutée en deux volets annuels



Légende

	3e année: Rédaction
	4e année: Rédaction

Fig. 2 Numérotage des feuilles



(4) Préparation des négatifs pour l'exécution des clichés

En vue de faciliter l'éventuelle réimpression de la carte de base par l'IGNN dans le futur, les négatifs de différentes couches ont été combinés pour donner de nouveaux négatifs globaux dont un suffira pour chaque couleur donnée.

(5) Contrôle

L'impression étant la dernière opération de l'établissement de la carte de base, il a fallu accorder une attention particulière à la qualité, à chaque étape de l'opération conduite. Les exemplaires qui s'étaient avérés non conformes aux critères de contrôle ont été systématiquement écartés pour ne laisser que les produits satisfaisants.

4) Venue au Japon des stagiaires de l'IGNN

Après avoir suivi une formation à la rédaction et à l'impression, les 2 stagiaires envoyés au Japon par l'IGNN (M. Mahaman LAMINOUE et M. Hassane DJIBO) ont procédé à un contrôle général des feuilles d'épreuve de la carte de base.

2-8 PERSONNEL DE L'IGNN CONCERNÉ PAR L'ÉTUDE

(1) Responsables concernés au niveau du siège de l'IGNN

Pendant la réalisation du 1er au 3e volet annuel de l'étude, la direction de l'équipe d'étude a eu l'occasion de tenir de nombreuses réunions au siège de l'IGNN avec les responsables cités ci-dessous qui ont bien voulu lui prêter leur aimable concours, pour nous aider dans nos tâches et faciliter le bon déroulement de l'étude dans son ensemble.

M. WAZIRI MAMAN LAWAL:	Directeur de l'IGNN
M. MAHAMANE LAMINOUE:	Directeur du Département Technique
Mme. YACOUBA ABARTA:	Directeur du Département de Géodésie et de Carte
M. MAHAMANE ABDOU:	Directeur du Département de Photogrammétrie
M. AMANI MASSALABI:	Directeur du Département de Levé topographique (le volet de la 1ère année)
M. MATO HAROUNA:	Directeur du Département de Levé topographique (le volet de la 2e année)

(2) Personnel de l'IGNN ayant participé aux travaux sur le terrain

Au cours de l'exécution des travaux sur le terrain du 1er au 3e volet annuel de l'étude, des géomètres et des spécialistes de l'IGNN ont participé aux travaux en vue du transfert de technologie.

* Travaux de la 1ère moitié de la 1ère année

Prise de vues aériennes: M. ALI ANAFI

Géodésie spatiale:

M. OUBA ADAMOUE

M. PATE BALLA

M. OUMAROU SABO

M. MADOUYOU DANBAKI

- * Travaux de la 2e moitié de la 1ère année
- Nivellement: M. PATE BALLA M. ALI ANAFI
M. OUMAROU SABO M. ABDOULKARIM SOUMANA
M. ALHASSANE IKIGI M. KANGOU M. TATA
- * Travaux de la 2e année
- Etude sur le terrain: M. ALI ANAFI M. IRO ABDOUL RAHAMANE
M. OUMAROU GARUBA M. OUMAROU SABO
M. ALASSANE IKIGI M. IDRISSE TONDI
M. IBRAHIMOU CISSE
- * Travaux de la 3e année
- Complètement: M. ALI ANAFI M. IRO ABDOUL RAHAMANE
M. OUMAROU GARBA M. ALASSANE IKIGI
M. MAMAN ABBA WAZIRI M. IDORISSA TONDI

(3) Stage individuel du personnel de l'IGNN

Dans le cadre d'un stage individuel, les personnes suivantes sont venues au Japon pour étudier les techniques de la géodésie mises en oeuvre pour la réalisation de la présente étude. Pendant la période de leur stage, ces stagiaires ont eu l'occasion de visiter l'IGNN Japon du ministère de la Construction, la Société de Géodésie du Japon, le Centre de Cartes du Japon, l'Association Internationale de la Technique de Construction et Kokusai Kogyo (organisme privé spécialisé dans la photogrammétrie aérienne), etc., pour se mettre au courant de la situation technologique de la géodésie et de la cartographie au Japon.

Tableau 4 Stage individuel du personnel de l'IGNN

Stagiaire	Période de stage	Programme
M. ALI ANAFI	du 15 mars au 3 mai 1993	Photogrammétrie en général Visite de différents organismes spécialisés en la matière
M. WAZIRI MAMAN LAWAL	du 22 mars au 5 avril 1994	Visite des autorités concernées par la géodésie et des organismes spécialisés en la matière
M. PATE BALLA	du 22 mars au 29 avril 1994	Levé des points géodésiques (au moyen du GPS, par exemple) Visite de différents organismes spécialisés en la matière
Mme. YACOUBA ABARTA	du 13 mars au 11 avril 1995	Exécution des plans (Modèle de terrain numérisé, Système d'information géographique, etc.) Visite de différents organismes spécialisés en la matière
M. HASSANE DJIBO	du 3 octobre au 7 novembre 1995	Rédaction et impression Visite de différents organismes spécialisés en la matière
M. MAHAMAN LAMINOU	du 18 octobre au 7 novembre 1995	Impression (y compris la vérification de la carte de base) Visite de différents organismes spécialisés en la matière

3. RAPPORT TECHNIQUE

3-1 PLAN DE LEVÉS

3-1-1 But de l'étude

La présente étude a pour but de lever, au moyen de la photogrammétrie aérienne, et, en vue d'établir la carte de base au 1/50.000 (ci-après désigné "Carte topographique), une zone qui s'étend dans les régions sud-ouest de la République du Niger située approximativement entre 13°15' et 14°30' de latitude nord et entre 1°45' et 4°0' de longitude est. Large de 243 km environ dans la direction est-ouest et longue de 138 km environ nord-sud, la superficie de la zone est de 27.000 km² environ. (voir la carte des régions à lever, jointe en tête du présent rapport pour les limites de la zone concernée par la présente étude)

Il s'est agi également d'assurer un transfert de technologie au cours des opérations effectuées dans le cadre de l'étude à l'intention du personnel de l'IGNN.

3-1-2 Etendue de l'étude

L'étendue de l'étude est celle indiquée au protocole d'accord portant sur l'étendue des travaux pour l'établissement de la carte topographique des régions de DJERMA GANDA et de DALLOLS en République du Niger, signé par la JICA et le Ministère de l'Équipement, des Transports et de l'Aménagement du territoire du Niger le 18 mars 1992 à Niamey.

L'étude comprend les travaux suivants:

(1) Prise de vue aérienne

Les photographies aériennes seront prises à une échelle approximative de 1/60.000.

(2) Stéréopréparation

Les points de contrôle existants seront utilisés pour l'établissement de la carte topographique. La réalisation de points de contrôle temporaires sera effectuée, si nécessaire.

1) Polygonation et géodésie par satellite

Des points de contrôle supplémentaires nécessaires à l'aérotriangulation et aux travaux de cartographie seront réalisés par méthode de polygonation et/ou par positionnement par satellite.

2) Nivellement

Un nivellement doit être exécuté pour obtenir des points de contrôle verticale nécessaires à l'aérotriangulation et aux travaux de cartographie à partir de repères de nivellement existants.

(3) Piquage

Le piquage des points de contrôle identifiés sur les photos aériennes sera fait sur le terrain.

(4) Vérification sur le terrain

Les informations de la carte topographique relatives à l'occupation du sol, à la végétation, etc... seront vérifiées sur le terrain.

(5) Aérotriangulation

L'aérotriangulation sera exécutée par la méthode analytique de compensation par bloc.

(6) Restitution

La restitution sera effectuée à l'échelle 1/50.000 en utilisant des instruments de restitution adaptés à cette échelle.

(7) Photoidentification

La photoidentification devra s'appuyer sur la minute de restitution et les données de vérification de terrain.

(8) Complètement

Les détails géographiques, la végétation, etc... qui ne pourront pas être correctement identifiés au cours de la rédaction, seront vérifiés sur le terrain et restitués sur la feuille de rédaction.

Les limites administratives et les noms topographiques des lieux seront vérifiés et indiqués sur la copie de la feuille de rédaction par l'IGNN.

(9) Rédaction

S'appuyant sur la photoide, la rédaction devra se faire sur un support stable en polyester pour plusieurs planches de couleurs différentes. Le style de la carte et les signes devront être ceux adoptés par l'IGNN.

(10) Impression

Les plaques d'impression devront être réalisées à partir de films négatifs à l'échelle 1/50.000 et l'impression devra être exécutée par méthode offset.

3-2 PRISE DE VUES AÉRIENNES

3-2-1 Description générale

La zone faisant l'objet de la prise de vues aériennes se situe dans les régions sud-ouest du Niger, entre 13°15' et 14°30' de latitude nord et entre 1°45' et 4°0' de longitude est. L'échelle de prise de vues est de 1/60.000, conformément au Programme de Travail (S/W). La prise de vues a été faite par un appareil photographique à grand angle, RC10 15/23, afin que les photos soient à usages multiples et qu'il y ait moins de contraintes au niveau de l'appareil de restitution.

Les lignes de vol ont été choisies en sens est-ouest avec un recouvrement longitudinal de 60% et un recouvrement latéral de 30%, la zone étant divisée en 14 bandes parallèles.

3-2-2 Prise de vues

(1) Base de l'avion photographe

L'aéroport internationale de Niamey a été choisi comme base de l'avion photographe pour sa proximité avec la zone à photographier. L'aéroport était disponible dès le 25 octobre 1992 car l'Equipe avait obtenu préalablement une autorisation d'utilisation de l'aéroport.

(2) Avion et appareil photographique

Le Niger ne possédant pas d'avion équipé pour la prise de vues, l'Equipe a utilisé un avion et un appareil photographique de l'IGNFI.

(3) Volume des travaux de la prise de vues

Superficie photographiée: 27.000km² (à l'échelle de 1/60.000)

Distance parcourue: environ 3.100km

Nombre de bandes: 14 bandes

La Fig. 3 montre le tableau d'assemblage des prises de vues.

(4) Prise de vues

L'avion et l'équipage sont arrivés à l'aéroport de Niamey à la date prévue, c'est-à-dire le 25 octobre 1992. Le 26 octobre, l'Equipe d'étude et l'équipage ont mis au point le plan de vol et le traitement des photos à faire. L'équipage était prêt pour la prise de vues, le 27 octobre 1992.

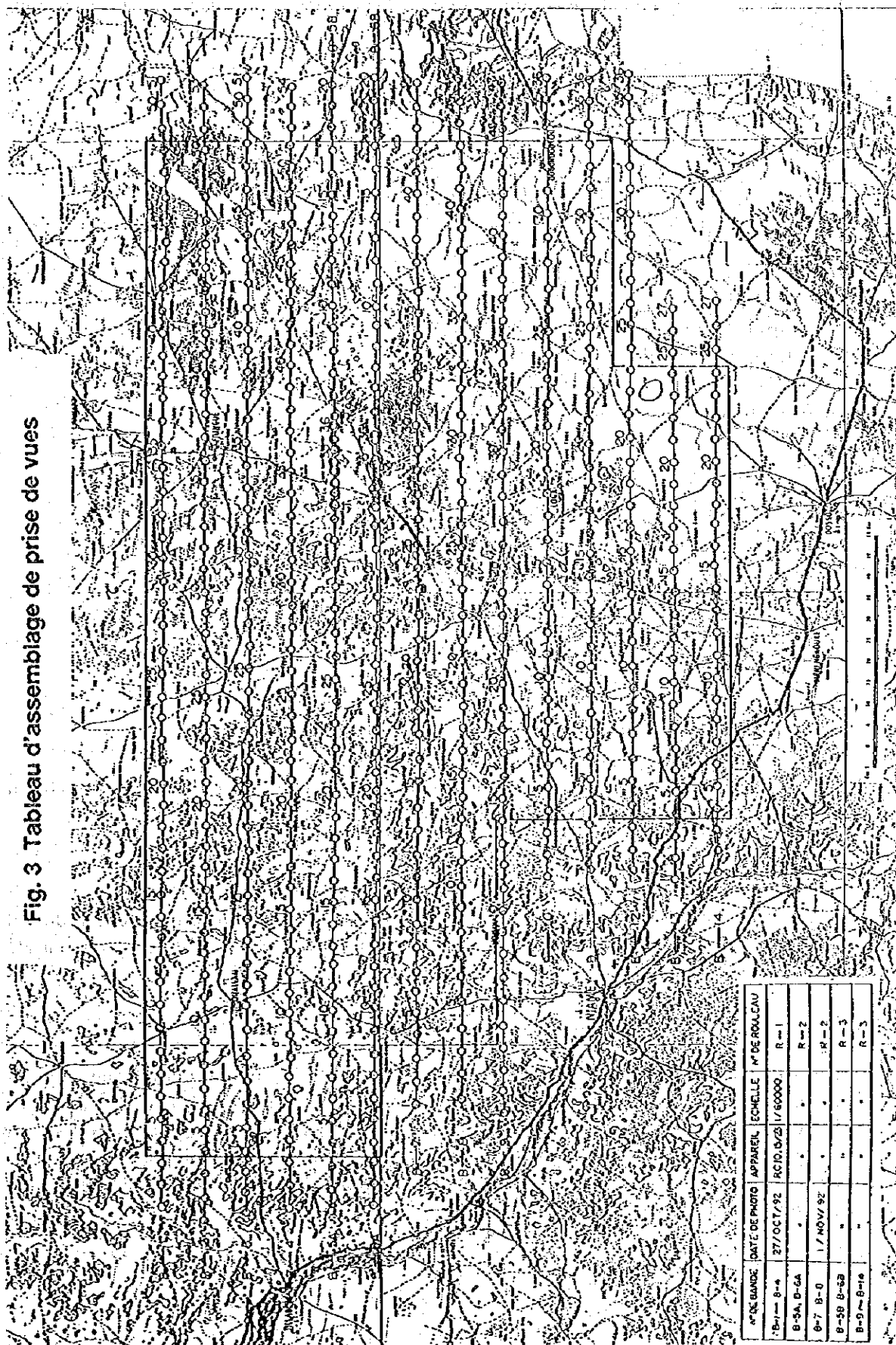
Le 27 octobre, un vol d'essai et une prise de vues régulière ont été effectués.

Bien que les conditions météorologiques soient variables, le vol a été effectué en choisissant les périodes de beaux temps où la visibilité était bonne. Les vols effectués pour la prise de vues sont récapitulés dans le Tableau 5 ci-dessous:

Tableau 5 Vols de prise de vues aériennes

Date	Décol.	Atterr.	Heures	Location	Temps	Résultat
27 oct.	8h 20m	13h 35m	5h 15m	B1-B4, B5W, B6W	clair	OK
31 oct.	9h 15m	11h 35m	2h 20m	B5E, B6E, B7E	beau temps mauvaise visib.	NG
1er nov.	8h. 25m	14h 50m	6h 25m	B5E, B6E, B7-B14	clair	OK
Total			14h 00m	B14		

Fig. 3 Tableau d'assemblage de prise de vues



N° DE BANDE	DATE DE PHOTO	APPAREIL	ECHELLE	N° DE ROULÉAU
B-1 ~ B-4	27/OCT/92	RC10.0/2	1/60000	R-1
B-5A, B-6A	"	"	"	R-2
B-7, B-8	1/NOV/92	"	"	R-2
B-9B, B-10B	"	"	"	R-3
B-9 ~ B-16	"	"	"	R-3

La prise de vues qui a débuté comme prévu, le 27 octobre, a été achevée le 1^{er} novembre 1992.

3-2-3 Personnes chargées de la prise de vues

(1) Equipe japonaise

Ingénieur en chef: M. ISHIZUKA Kazuhiro
Gestion Photographie: M. NAITO Genjiro

(2) IGNFI

Responsable photo.: M. Jean-Claude GOURDON
Commandant de bord: M. DAMIEN
Photographe: M. HAUTBERG
Mécanique: M. Verlay MAHIEUX

(3) IGNN

Photogrammétrie: M. Ali ANAFI

3-2-4 Principal matériel de la prise de vues aériennes

Avion: BEECHCRAFT SUPER KING AIR200
Appareil photo: Wild RC-10 15/23
Pellicule: AGFA-GEVAERT AP200

3-2-5 Traitement des photos

Le développement des films, le tirage par contact, le marquage et la réalisation du tableau d'assemblage ont été faits à l'IGNFI en France.

(1) Développement des pellicules

Après un essai de développement, effectué le 30 octobre, du film pris au cours du vol d'essai du 27 octobre et dont le résultat s'est avéré très bon, les trois rouleaux ont été développés le 5 novembre.

(2) Résultat de la prise de vues aériennes

L'inspection des photographies aériennes a été réalisée sur les photos par contact préparées à cet effet. L'examen des recouvrements, longitudinal et latéral, et de l'écart des lignes de vol a donné de très bons résultats. Grâce au système de navigation par la méthode de GPS, la prise de vues aériennes s'est déroulée sans écart important des lignes de vol. L'image des photos obtenues était de bonne qualité car il n'y avait aucun défaut dû aux nuages ou au brouillard.

(3) Résultats du contrôle

Les résultats du contrôle des photos aériennes étant très bons, le responsable de la gestion des photos de l'Equipe d'étude les a certifiées et a transmis ces résultats à l'IGNFI.

(4) Marquage sur les photos

Le marquage sur les photos a été décidé comme ci-dessous par un accord mutuel entre l'Equipe japonaise et l'IGNN.

DG/DA	IGNN-JICA	1:60.000	27 10 92	B1	1
Nom de zone	Agence organisatrice	Echelle	Date de vol	N° de bande	N° de série

Les bandes ont été numérotées, à partir du nord vers le sud, de B1...à B14. Pour les bandes B5 et B6 où le vol a été arrêté au milieu d'une bande pour être repris plus tard, les deux tronçons de la bande ont été numérotés avec les lettres A et B.

Les numéros des photos ont été attribués de l'est vers l'ouest pour chacune des bandes. Le marquage sur les photos a été fait sur les films négatifs avec un marqueur automatique.

(5) Tableau d'assemblage de la prise de vues aériennes

Le Tableau d'assemblage a été préparé, suivant un accord entre l'Equipe japonaise et l'IGNN, à partir des cartes topographiques au 1/200.000ème.

3-2-6 Volume des travaux de la prise de vues aériennes

Films des photos aériennes:	3 rouleaux
Nombre de bandes:	14 bandes
Nombre de poses:	621 poses
Tirage par contact:	1242 photos (pour l'inspection et pour l'étude de terrain)
Tirage par contact définitif:	621 poses
Epreuves positives par contact:	621 poses
Tableau d'assemblage:	1 tableau

La copie des résultats ci-dessus a été effectuée en totalité à l'IGNFI. Cependant, les photos destinées à la géodésie spatiale, au nivellement et au piquage ont été agrandies au Japon.

3-2-7 Principal matériel de traitement des photos

Appareil de développement:	KODAK VERSAMAT 1107
Imprimante par contact:	MILLIGAN
Marqueur des lettres sur film:	Marqueur automatique

3-2-8 Nombre de photos par bande

Le Tableau 6 montre le nombre de photos prises pour chaque bande.

Tableau 6 Résumé de la prise de vues aériennes

No. de bande	No. de série	No. de photo	Nombre de photos	No. de rouleau	Date de vol	Sens de vol
1	3597~3647	1~51	51	1	27 oct. 1992	→
2	3649~3701	53~1	53	1	27 oct. 1992	←
3	3702~3752	1~51	51	1	27 oct. 1992	→
4	3753~3806	54~1	54	1	27 oct. 1992	←
5A	3862~3897	1~36	36	2	27 oct. 1992	→
5B	4151~4170	20~1	20	3	1 nov. 1992	←
6A	3915~3950	36~1	36	2	27 oct. 1992	←
6B	4171~4190	1~20	20	3	1 nov. 1992	→
7	4032~4076	45~1	45	2	1 nov. 1992	←
8	4077~4122	1~46	46	2	1 nov. 1992	→
9	4191~4237	47~1	47	3	1 nov. 1992	←
10	4238~4273	1~36	36	3	1 nov. 1992	→
11	4274~4309	36~1	36	3	1 nov. 1992	←
12	4310~4345	1~36	36	3	1 nov. 1992	→
13	4346~4372	27~1	27	3	1 nov. 1992	←
14	4373~4399	1~27	27	3	1 nov. 1992	→
Total			621	3 rouleaux		

3-3 LEVÉ DE LA GÉODÉSIE SPATIALE ET PIQUAGE DES POINTS DE CONTRÔLE GÉODÉSIQUE

3-3-1 Planification du levé

- (1) Vu que la zone faisant l'objet de la réalisation de la carte de base est constituée de vastes terres plates sans visibilité et que le levé par la triangulation ou la polygonation conventionnelle s'est avéré inefficace et demandant beaucoup de temps, l'Equipe a employé le système de positionnement précis par GPS (Global positioning system).
- (2) Bien qu'il y ait, dans la zone concernée, des points de contrôle déjà installés par l'IGN France entre 1930 et 1950, ils n'ont pu être utilisés en tant que points connus à cause de leur précision insuffisante car ils avaient été installés par observation astronomique. L'Equipe a donc décidé d'installer de nouveau les points de contrôle nécessaires pour le levé.
- (3) Le point original de la géodésie spatiale a été choisi au point de contrôle No. 65 (même point que le point Doppler ANG302), qui se trouve au sud de la zone concernée par la présente étude et qui était l'un des points de contrôle du cheminement géodésique du 12^{ème} parallèle sur le continent Africain, exécuté entre 1968 et 1971 (par les U.S.A. et la France).

Bien qu'il y ait encore 2 ou 3 autres points Doppler en dehors de la zone concernée, ils n'ont pu être utilisés pour des raisons de sécurité, et du point de vue de l'efficacité des travaux et de la précision des points connus. L'Equipe a donc décidé d'utiliser les azimuts obtenus à partir des résultats de l'observation du grand réseau de triangulation (5 points) de 160km de côté environ, prenant comme point de référence original le point de contrôle No. 65.

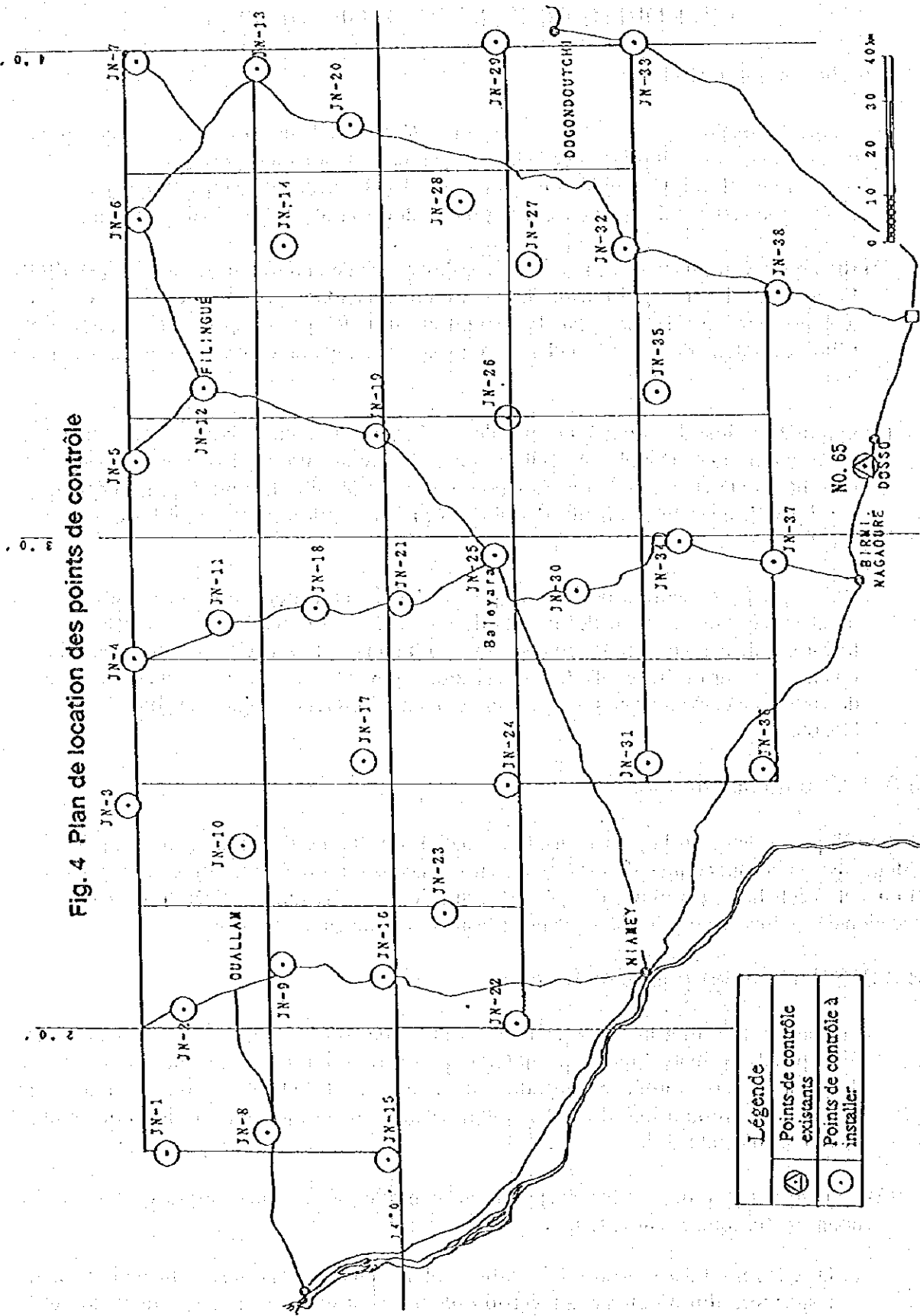
3-3-2 Volume des travaux

Les 38 points de contrôle pour la géodésie spatiale ont été installés à un intervalle moyen de 40km environ, tenant compte de tous les facteurs concernés, à savoir la configuration de la zone à étudier, l'échelle et les lignes de vol des prises de vues aériennes et l'aérotiangulation. La location des points de contrôle nouvellement installés est indiquée en Fig. 4.

3-3-3 Sélection des points de bornage

- (1) Les points où seront installés les bornes ont été déterminés sur place en se servant des fonctions de navigation de l'appareil GPS après y avoir introduit la longitude et la latitude du point concerné qui étaient reportées sur la carte au 1/200.000^{ème}. Ainsi l'équipe a pu faire le bornage non loin des positions initialement prévues même sur des terrains plats sans objet repérable.
- (2) Pour le bornage des nouveaux points de contrôle, les instructions suivantes ont été données aux équipes sur le terrain:
 - a. Que les nouveaux points à installer soient répartis régulièrement dans la zone concernée, afin d'obtenir la précision requise pour effectuer l'aérotiangulation et la restitution.

Fig. 4 Plan de location des points de contrôle



- b. Que le ciel soit dégagé sur plus de 15 degrés en angle d'élévation, afin de bien réceptionner les ondes émises par les satellites.
- c. Que les mesures des points de piquage et d'excentricité soient faciles.
- d. Que le maintien de ces points soit assuré et que ces derniers soient appropriés pour être encore utilisés dans les travaux ultérieurs tels que le nivellement.

3-3-4 Bornage

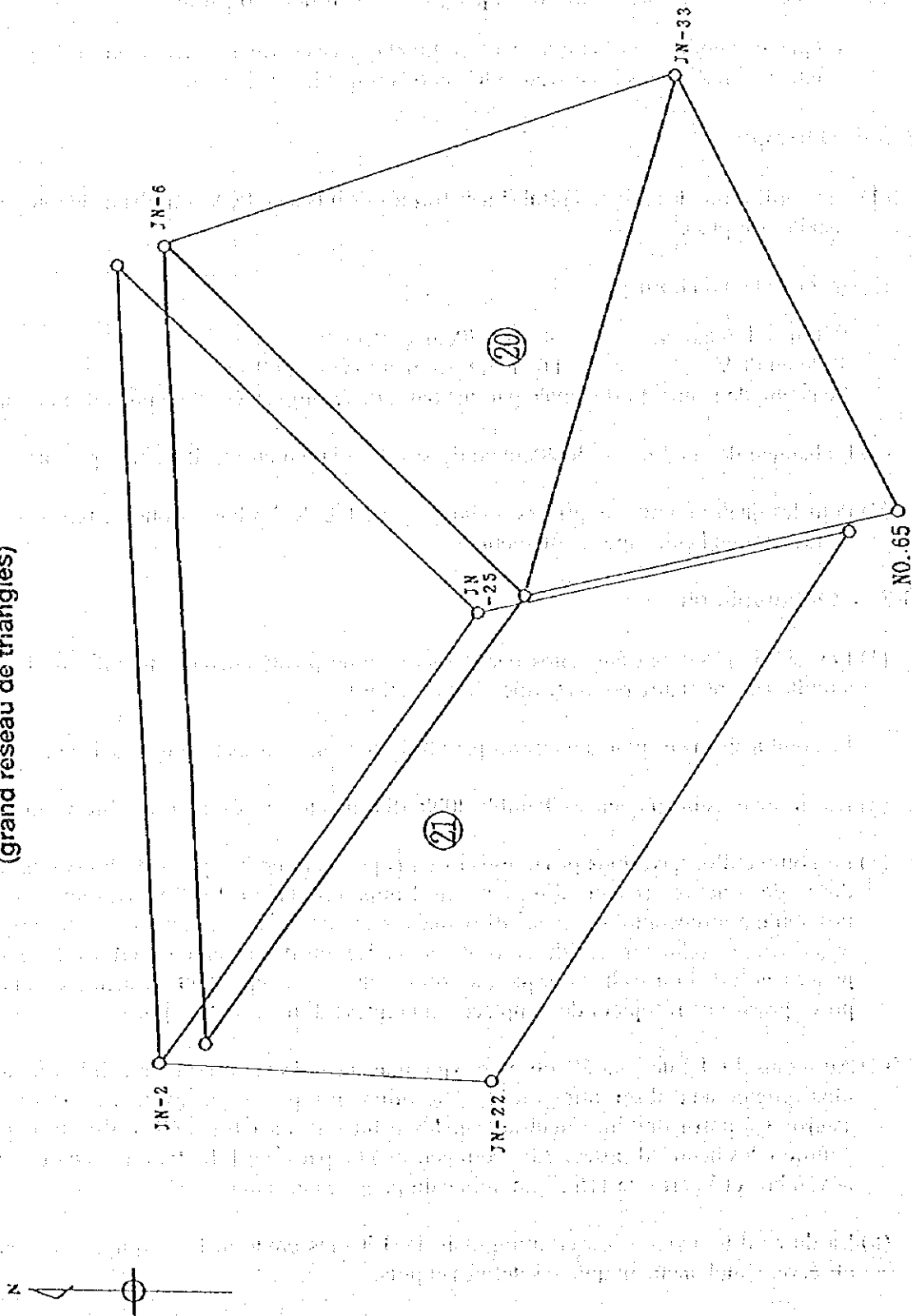
- (1) Les bornes sont des piliers préfabriqués formés de tubes en PCV remplis de béton pour les installer sur place.
- (2) Spécification du bornage
 - Béton de fondation: 30cm x 30cm x 20cm
 - Tube en PCV: Diamètre 15cm et longueur 60cm
 - Le centre de la borne est signalé par une barre de fer implantée au sommet de la borne.
- (3) La hauteur de la borne est de 20cm au-dessus du sol pour être facilement repérable.
- (4) Pour les quatre points importants, indiqués par l'IGNN, les bornes ont été renforcées à la surface par un bétonnage supplémentaire.

3-3-5 Observations

- (1) Les observations ont été faites par la méthode de positionnement relatif, en observant simultanément quatre points (cycle d'observation).

La combinaison des points observés par GPS est montrée dans les Figures 5 et 6.
- (2) Des récepteurs bi-fréquences Trimble 4000 SST ont été utilisés pour les observations.
- (3) Le nombre d'observations programmées au départ était de 24 cycles d'observation d'une durée de 3 heures (usage simultané de 4 appareils GPS). En fait, l'exécution de ce programme a rencontré quelques difficultés: étant donné les conditions météorologiques très difficiles (chaleur torride et vents de sable), un des récepteurs GPS est tombé en panne sans que l'on sache pourquoi; les observations ont cependant été achevées en temps prévu grâce à un récepteur de remplacement envoyé d'urgence du Japon.
- (4) Au moins 4 satellites ont été observés simultanément. Pour ce faire, le créneau horaire le plus propice aux observations a été déterminé en repérant par avance la position des satellites à partir des informations sur les orbites des satellites GPS. Ce qui explique pourquoi les heures d'observation commençaient à partir de 13h 30 au milieu du mois de novembre, et à partir de 11h 30 au milieu du mois de décembre.
- (5) La durée d'un cycle d'observation était de 3 heures environ. Les équipes ont réussi à observer simultanément quatre satellites et plus.
- (6) Pour protéger les appareils de la chaleur torride, les observations étaient faites en plaçant le récepteur dans une voiture climatisée où la température variait entre 25° et 30°C.

Fig. 5 Réseau d'observation par GPS
(grand réseau de triangles)



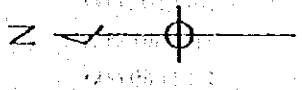
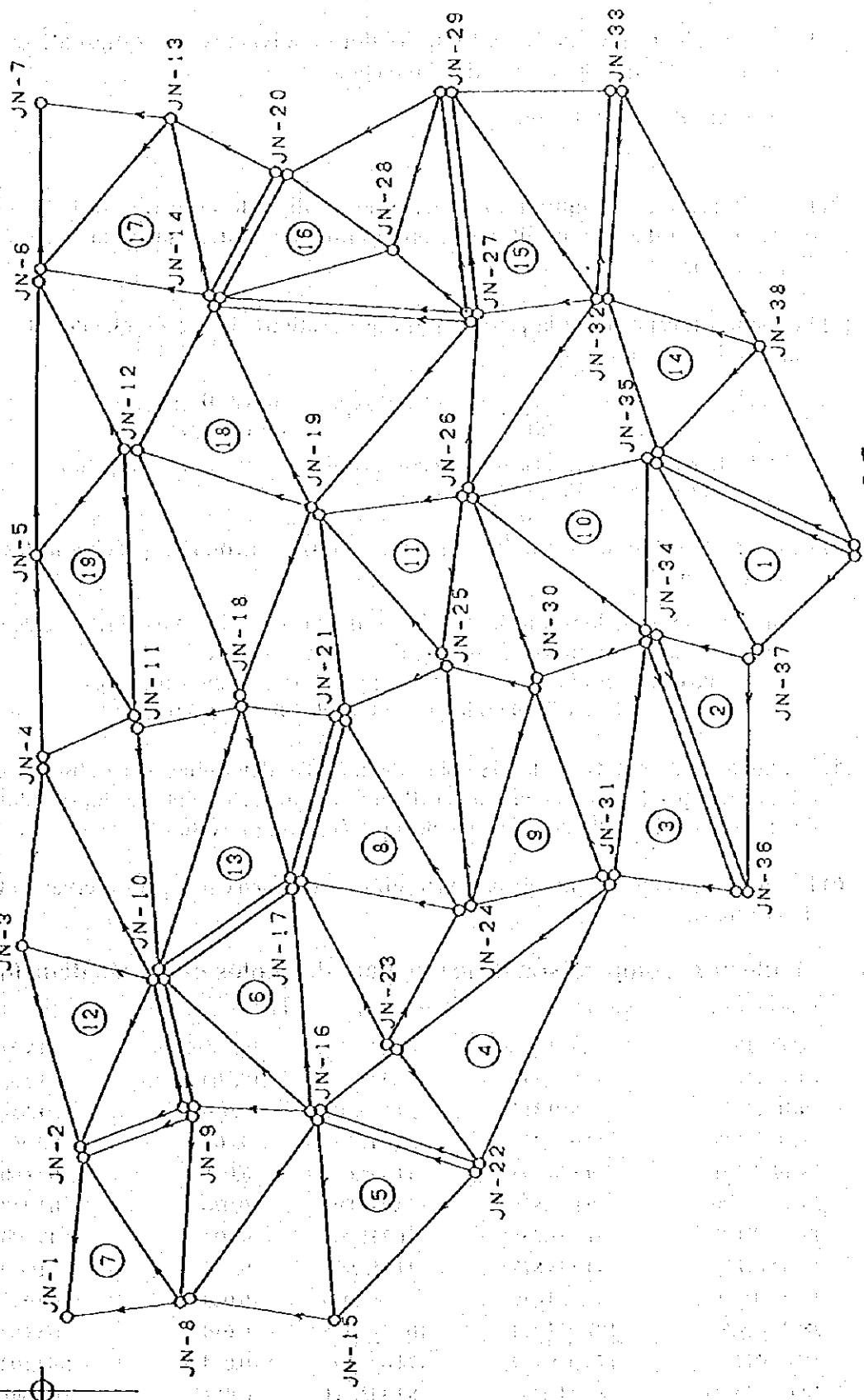


Fig. 6 Réseau d'observation par GPS



No. 65

3-3-6 Traitement des données GPS

- (1) Dans les calculs sur place, les caractéristiques suivantes de l'ellipsoïde du WGS-84 (Système géodésique du monde, 1984) ont été utilisées:

Rayon équatorial: 6.378.137m
Aplatissement: 1/298,257223

- (2) Le traitement des données au Niger, c'est-à-dire, le contrôle de la précision des observations GPS, a été fait par le programme de traitement de la Société Trimble, Trimvec-plus.

- (3) Le rapport révélateur de la précision des observations (indice de qualité) et l'écart type sont exprimés ci-dessous:

Rapport	max.: 3.46	Ecart type	max.: 0.414
	min.: 1.00		min.: 0.039

N.B. La précision des résultats de traitement des données est plus élevée lorsque le rapport est plus grand et l'écart type plus petit.

- (4) Les calculs ci-dessous ont été aussi faits pour contrôler la précision des résultats d'observation:

- Comparaison de la longueur des côtés dont l'observation a été répétée deux fois.
 - Contrôle des erreurs de fermeture des triangles simples.
 - Contrôle des erreurs de fermeture des polygones (grands triangles).
- (Voir les Tableaux 7 à 9 pour les résultats de chaque contrôle)

- (5) L'altitude de 23 points sur les 38 points de contrôle, déterminés par l'observation GPS, a été obtenue par le nivellement direct. Pour les autres 15 points restants, l'altitude a été déterminée par la méthode de nivellement par GPS (par insertion).

- (6) La valeur des côtés (lignes de base) mesurés chacun deux fois par observation GPS, était de 10^{-5} max.

Tableau 7 Comparaison de la longueur des côtés observés deux fois

N° des points	Dist. (ob.1)	Dist. (ob.2)	Différence (1)-(2)	Précision
NO.65~JN.35	46.049,147m	46.049,079m	+0,068m	1/677.000
JN.34~JN.36	55.522,532	55.522,432	+0,100	1/555.000
JN.16~JN.22	29.659,317	29.659,301	+0,016	1/1.854.000
JN.10~JN.17	32.049,235	32.049,244	-0,009	1/3.561.000
JN.17~JN.21	34.858,606	34.858,627	-0,021	1/1.660.000
JN.14~JN.20	29.951,828	29.951,802	+0,026	1/1.152.000
JN.14~JN.27	51.251,265	51.251,268	-0,003	1/17.084.000
JN.32~JN.33	44.553,825	44.553,909	-0,084	1/530.000
JN.27~JN.29	47.864,079	47.864,070	+0,009	1/5.318.000
JN.25~JN.6	107.927,344	107.927,325	+0,019	1/5.680.000
JN.6~JN.2	174.008,199	174.008,195	+0,004	1/43.502.000
NO.65~JN.25	82.342,399	82.342,411	-0,012	1/6.861.000
JN.25~JN.2	120.694,226	120.694,216	+0,010	1/12.069.000

Tableau 8-1 Contrôle des erreurs de fermeture des triangles simples

N°	ΣD	Tolérance	dS	dX	dY	dZ	dH
1	119	592	35	27	6	21	32
*2	124	620	206	116	168	23	114
3	130	650	100	43	84	32	30
4	148	740	123	100	35	62	111
*5	76	380	188	35	169	74	22
6	113	565	67	26	55	27	31
7	115	575	60	51	23	19	53
*8	108	540	23	10	9	18	16
9	96	480	2	1	0	1	0
10	89	445	27	6	25	4	5
*11	87	435	127	79	1	99	103
12	90	450	10	6	7	2	6
*13	120	600	41	10	19	34	19
*14	102	510	40	25	30	7	24
15	102	510	67	3	62	23	6
*16	113	565	152	141	55	12	141
*17	116	580	173	143	92	28	136
18	115	575	86	2	83	22	1
19	116	580	132	18	118	54	23
*20	111	555	83	10	13	81	29
21	108	540	145	99	89	56	113
22	116	580	188	113	114	96	139
*23	100	500	353	252	244	30	250
*24	91	455	9	5	3	6	4
*25	118	590	165	31	161	7	24
26	97	485	72	36	8	61	50
27	98	490	48	23	20	37	30
*28	98	490	7	1	3	6	4
29	133	665	92	26	40	78	46
30	88	440	20	13	7	12	15
31	121	605	128	100	75	23	100
32	124	620	70	36	38	46	45
33	110	550	448	436	48	88	446

NB. Unité: mm. Unité de ΣD: km.

* signifie la représentation du triangle simple entre les séances différentes

Formule de tolérance: $5,0\text{ppm} \times \Sigma D$

$$ds = \sqrt{dX^2 + dY^2 + dZ^2}$$

Tableau 8-2 Contrôle des erreurs de fermeture des triangles simples

N°	ΣD	Tolérance	dS	dX	dY	dZ	dH
34	108	540	257	257	4	6	248
*35	116	580	203	69	189	25	83
*36	128	640	94	24	70	57	34
37	118	590	115	31	56	95	56
38	101	505	21	9	15	11	10
39	120	600	144	11	143	13	2
*40	108	540	146	93	87	72	113
41	114	570	143	70	74	100	83
*42	92	460	336	262	207	28	264
43	104	520	150	140	39	35	137
44	118	590	160	6	6	159	46
*45	148	740	136	119	65	3	121
46	109	545	21	1	3	20	7
*47	114	570	56	51	11	19	55
48	96	480	217	101	176	76	90
49	98	490	4	1	3	0	1
50	103	515	137	125	54	4	127
*51	114	570	88	63	53	31	69
52	123	615	147	105	92	45	97
*53	128	640	155	138	54	42	140
54	140	700	214	17	211	25	4
55	95	475	199	174	94	18	158
*56	120	600	393	321	212	78	305
*57	102	510	186	142	114	35	136
Grands triangles							
*58	306	1530	86	39	45	27	11
*59	341	1705	78	61	7	49	68
*60	402	2010	74	45	37	45	52
*61	295	1475	75	6	70	26	1
62	328	1640	33	31	9	3	6

NB. Unité: mm. Unité de ΣD: km.

* signifie la représentation du triangle simple entre les séances différentes

Formule de tolérance: $5,0ppm \times \Sigma D$

$$ds = \sqrt{dX^2 + dY^2 + dZ^2}$$

Tableau 9 Contrôle des erreurs de fermeture des polygones (grands triangles)

N°	Itinéraire des points d'observation	ΣD (km)	Tolérance	dS	dX	dY	dZ	dH
1	65-22-2-6-33-65	612	3060	137	2	136	0	2
2	65-22-25-33-65	469	2345	48	8	36	30	17
3	65-22-2-25-33-65	560	2800	107	14	106	4	18
4	65-22-25-6-33-65	576	2880	64	53	29	19	51
5	65-22-2-25-6-33-65	666	3330	119	47	99	45	50
6	65-25-22-2-6-33-65	653	3265	147	1	145	22	4
7	65-33-25-6-2-22-65	721	3605	163	59	143	49	70

3-3-7 Calculs faits au Japon

(1) Utilisation de géodésie

Dans le traitement des données effectué au Japon, les caractéristiques suivantes de la géodésie ont été utilisées:

Ellipsoïde de référence: Clark 1880

Demi-grand-axe 6.378.249,145m

Aplatissement 1/293,4663

Projection: U.T.M. (Universal Transverse Mercator)

Point original des coordonnées dans la zone étudiée:

Le point polygonal N°65 installé par le levé polygonal du 12° parallèle de latitude nord.

Point original de nivellement dans la zone étudiée:

Repère de nivellement de 1er ordre dans le garage de la Police à Niamey.

(2) Transposition des coordonnées

S'agissant de transposer les coordonnées calculées selon les caractéristiques de l'ellipsoïde de WGS-84, en coordonnées basées sur les caractéristiques de l'ellipsoïde de Clark 1880 utilisées au Niger, le calcul a été effectué avec les altitudes des points de contrôle obtenues par les opérations de l'article 3-3-6 (5) ci-dessus.

Dans le levé des points de contrôle de cette étude, les coordonnées ont été calculées (approximativement) en faisant correspondre les coordonnées de l'ellipsoïde Clark 1880 et celles de l'ellipsoïde WGS-84, obtenues par l'observation GPS, prenant comme point de référence fixe un point existant (No. 65).

La transposition du WGS-84 au Clark 1880 a été faite d'après les données de l'observation obtenues au point No. 65 lors de l'étude et d'après les résultats de ce point, avec les écarts de transposition calculés ci-dessous:

$$\Delta X = -126,3805\text{m}$$

$$\Delta Y = -6,9085\text{m}$$

$$\Delta Z = +128,0857\text{m}$$

(3) Calcul de la hauteur par la méthode de nivellement par GPS (Méthode de collocation des moindres carrés)

Au cours du nivellement réalisé pour cette étude, l'altitude de 23 points de contrôle sur un total de 38 a été mesurée, l'altitude des 15 autres points étant calculée par la méthode de nivellement par GPS.

La méthode de nivellement par GPS consiste à transposer la hauteur de l'ellipsoïde de WGS-84 obtenue par observation GPS à la hauteur de la surface du géoïde.

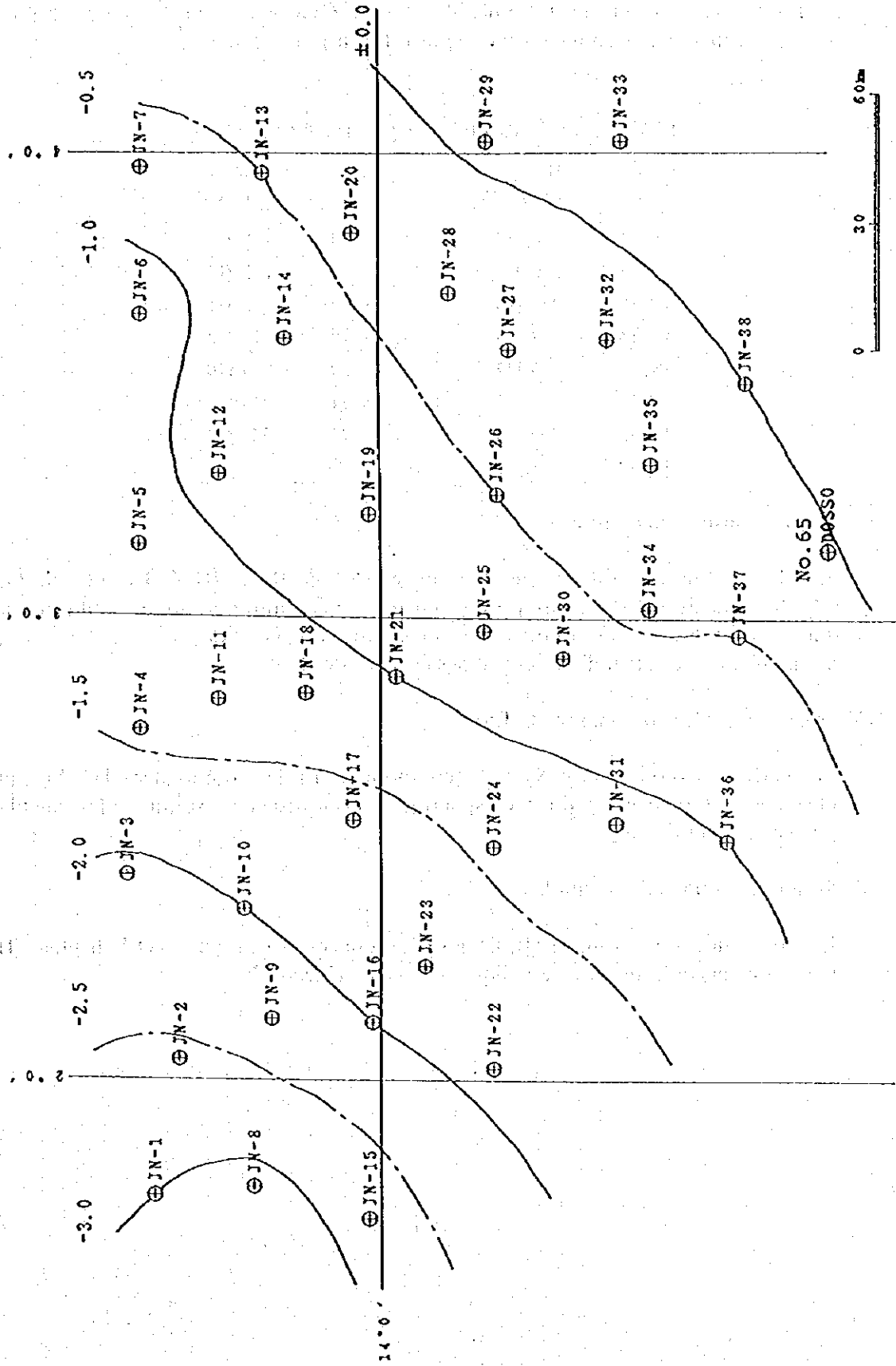
Le Tableau 10 et la Fig. 7 ci-dessous indiquent la hauteur relative du géoïde (par rapport au point original) obtenue par la comparaison entre la hauteur de la surface du géoïde et la hauteur de l'ellipsoïde de WGS-84.

Tableau 10 Hauteur relative du géoïde

Point	Hauteur de l'ellips. (1)	Hauteur du géoïde (2)	Hauteur relat. du géoïde
NO. 65	242,333m	242,333m	0m
JN. 2	231,991	234,697	-2,706
JN. 4	225,262	226,580	-1,318
JN. 5	251,633	252,755	-1,122
JN. 6	248,762	250,124	-1,362
JN. 7	265,566	266,179	-0,613
JN. 8	255,075	258,193	-3,118
JN. 9	217,892	220,248	-2,356
JN. 11	218,816	220,211	-1,395
JN. 12	221,275	222,178	-0,903
JN. 13	262,041	262,589	-0,548
JN. 16	273,665	275,693	-2,028
JN. 18	213,216	214,390	-1,174
JN. 19	212,160	212,781	-0,621
JN. 20	255,923	256,336	-0,413
JN. 21	210,717	211,759	-1,042
JN. 25	203,123	203,860	-0,737
JN. 30	201,664	202,435	-0,771
JN. 32	249,394	249,604	-0,210
JN. 33	234,072	233,884	-0,188
JN. 34	199,168	199,595	-0,427
JN. 36	227,831	228,812	-0,981
JN. 37	190,578	191,074	-0,496
JN. 38	221,309	221,311	-0,002

NB. Supposer que le point existant, N° 65, soit la hauteur du géoïde à 0m.

Fig. 7 Plan de la hauteur relative du géoïde



Par l'interpolation des résultats de nivellement par GPS, la hauteur des autres 15 points à connaître a été obtenue comme le montre le Tableau 11 ci-dessous.

Tableau 11 Hauteur des points à connaître

Point	Hauteur (du géoïde)	Point	Hauteur (du géoïde)
JN. 1	260,089m	JN. 24	236,922m
JN. 3	250,472	JN. 26	243,218
JN. 10	272,218	JN. 27	261,651
JN. 14	232,633	JN. 28	271,802
JN. 15	233,832	JN. 29	234,176
JN. 17	236,916	JN. 31	230,677
JN. 22	260,004	JN. 35	248,848
JN. 23	215,468		

(4) Calcul d'ajustement du réseau

Pour les 6 points du grand réseau de triangles (N° 65, JN. 2, JN. 6, JN. 22, JN. 25, JN. 33), les coordonnées de ces points ont été fixées après avoir procédé au calcul d'ajustement des canevas à trois dimensions afin d'obtenir les coordonnées de 33 points de contrôle par le calcul d'ajustement des canevas de BL.

(5) Projection sur les coordonnées U.T.M.

Les valeurs N (coordonnée X) et E (coordonnée Y) des coordonnées U.T.M. ont été obtenues à partir des coordonnées sphériques, en utilisant les résultats des calculs des points 1) à 4) ci-dessus.

(6) Résultats des points de contrôle

Les coordonnées géodésiques (B, L), les coordonnées U.T.M. (N, E) et la hauteur (H) de tous les points de contrôle sont indiquées dans le Tableau 12.

Tableau 12 Résultats des points de contrôle

Point	Longitude	Latitude	Coordonnées U.T.M.		Altitude	Observ.
			N	E		
No.65	N13°03'26,7920"	E3°07'42,9600"	1.443.362,469	513.942,639		242,333
JN-01	N14°27'05,7127"	E1°44'41,4755"	1.597.898,444	364.712,331		260,09
JN-02	N14°24'30,1130"	E2°02'43,1053"	1.592.962,033	397.080,262		234,70
JN-03	N14°31'21,0891"	E2°26'32,9825"	1.605.446,931	439.931,042		250,47
JN-04	N14°29'13,3540"	E2°44'58,3595"	1.601.464,429	473.010,385		226,58
JN-05	N14°29'38,1384"	E3°08'46,0221"	1.602.216,064	515.745,377		252,76
JN-06	N14°29'02,2163"	E3°39'26,0758"	1.601.209,132	570.828,023		250,12
JN-07	N14°29'02,0049"	E3°59'06,7277"	1.601.329,352	606.173,193		266,18
JN-08	N14°15'10,0415"	E1°46'17,9228"	1.575.893,499	367.483,546		258,19
JN-09	N14°12'56,9732"	E2°07'50,2154"	1.571.630,794	406.197,617		220,25
JN-10	N14°16'43,2121"	E2°22'07,9879"	1.578.498,310	431.925,746		272,22
JN-11	N14°19'31,2231"	E2°49'38,6473"	1.583.573,920	481.387,116		220,21
JN-12	N14°20'12,6412"	E3°19'16,0504"	1.584.863,342	534.628,329		222,18
JN-13	N14°14'21,8398"	E3°57'29,3159"	1.574.275,637	608.369,052		262,59
JN-14	N14°11'08,8873"	E3°36'15,0406"	1.568.219,987	565.195,316		232,63
JN-15	N14°00'41,0924"	E1°43'31,0075"	1.549.221,607	362.335,821		233,83
JN-16	N14°00'18,1850"	E2°06'55,8429"	1.548.325,553	404.480,171		275,69
JN-17	N14°02'57,0412"	E2°33'00,1287"	1.553.073,231	451.416,907		236,92
JN-18	N14°08'29,0564"	E2°51'16,0862"	1.563.230,818	484.293,242		214,39
JN-19	N14°00'57,6971"	E3°12'44,0822"	1.549.371,141	522.919,443		212,78
JN-20	N14°03'15,1374"	E3°50'47,6760"	1.553.746,802	591.405,859		256,34
JN-21	N13°58'00,7201"	E2°51'41,3587"	1.543.928,796	485.039,575		211,76
JN-22	N13°45'22,1097"	E2°00'48,9788"	1.520.839,771	393.360,188		260,00
JN-23	N13°53'55,7398"	E2°14'25,9645"	1.536.529,729	417.946,340		215,47
JN-24	N13°45'23,2471"	E2°29'51,6605"	1.520.713,020	445.696,064		236,92
JN-25	N13°47'00,7919"	E2°57'41,2836"	1.523.653,101	495.834,913		203,86
JN-26	N13°45'28,0294"	E3°14'51,3970"	1.520.817,070	526.768,024		243,22
JN-27	N13°43'25,4147"	E3°34'13,4447"	1.517.109,711	561.673,139		261,65
JN-28	N13°51'01,6476"	E3°41'53,4111"	1.531.161,380	575.447,619		271,80
JN-29	N13°46'16,3003"	E4°00'36,9794"	1.522.515,308	609.214,453		234,18
JN-30	N13°36'47,9281"	E2°53'58,9599"	1.504.829,337	489.151,629		202,44
JN-31	N13°29'55,8537"	E2°32'47,9772"	1.492.214,646	450.937,801		230,68
JN-32	N13°31'19,4757"	E3°35'43,5355"	1.494.816,245	564.433,598		249,60
JN-33	N13°29'21,7698"	E4°00'20,1178"	1.491.345,188	608.836,993		233,88
JN-34	N13°26'05,3572"	E2°59'37,9386"	1.485.089,194	499.336,616		199,60
JN-35	N13°25'53,1477"	E3°18'54,5131"	1.484.735,942	534.115,345		248,85
JN-36	N13°16'14,4659"	E2°30'34,3710"	1.466.991,169	446.871,221		228,81
JN-37	N13°14'53,6539"	E2°56'53,6532"	1.464.457,292	494.392,267		191,07
JN-38	N13°13'52,8497"	E3°29'57,0639"	1.462.642,953	554.083,379		221,31

3-4 NIVELLEMENT ET PIQUAGE DES REPÈRES DE NIVELLEMENT

3-4-1 Description générale

- (1) La zone faisant l'objet de la réalisation de la carte de base est constituée de vastes terrains plats. En vue de représenter cette topographie avec des courbes de niveau d'une équidistance de 20m, l'Equipe a prévu d'installer régulièrement dans la zone les points de contrôle nécessaires pour la triangulation aérienne et la restitution.
- (2) En plus des routes de nivellement existantes de 1er ordre et 2^{ème} ordre, qui couvrent 75km en tout, l'Equipe a planifié une extension des routes de nivellement ordinaire et un nivellement de 2^{ème} ordre entre Baléyara et Filingué, selon la proposition de l'IGNN.
- (3) Les nouvelles routes de nivellement ont été réparties de façon homogène dans la zone concernée.
- (4) Les points de contrôle, installés pour l'observation GPS, ont été aussi calculés pour rentrer au maximum dans le réseau de nivellement.
- (5) Le piquage des repères de nivellement et des points cotés existants a été réalisé sur les photos agrandies 2 à 3 fois.

3-4-2 Volume des travaux

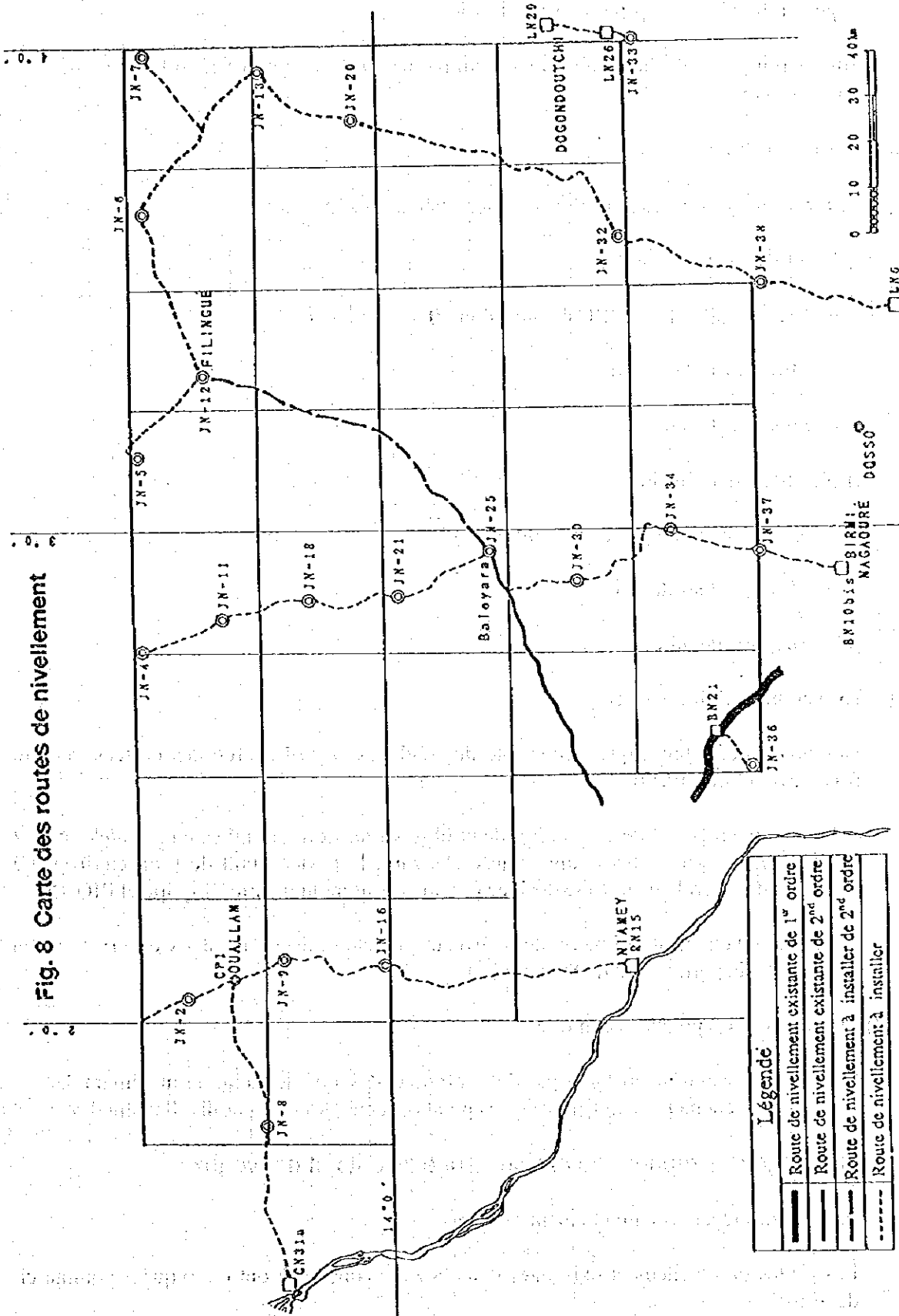
Les travaux de nivellement et de piquage ont été planifiés comme ci-dessous, en tenant compte du réseau de nivellement existant et des lignes de vol de prises de vues:

- | | |
|---|-------|
| (1) Nivellement de 2 ^{ème} ordre: | 80km |
| (2) Nivellement ordinaire: | 630km |
| (3) Piquage des routes de nivellement existantes: | 110km |
| (4) Piquage des routes de nivellement: | 710km |

3-4-3 Choix des routes de nivellement

- (1) Le choix des routes de nivellement a été fait à partir de la carte topographique au 1/200.000. Après y avoir insérée le réseau de nivellement existant, les routes de nivellement à refaire ont été choisies de telle manière que les points de contrôle nécessaires au plan de vol et à la triangulation y soient inclus. D'autre part, les routes de nivellement sélectionnées ont été repérées sur les photos contacts pour confirmation.
- (2) Avant de procéder à l'observation, les nouvelles routes de nivellement ont été choisies définitivement après avoir vérifié sur place les conditions des points donnés et des itinéraires de nivellement.
- (3) Les nouvelles routes sont de douze au total: une route de nivellement de 2^{ème} ordre, et 11 routes de nivellement ordinaire classées en abrégé de A à K. Le réseau de nivellement est représenté en Fig. 8.

Fig. 8 Carte des routes de nivellement



Légende	
	Route de nivellement existante de 1 ^{er} ordre
	Route de nivellement existante de 2 nd ordre
	Route de nivellement à installer de 2 nd ordre
	Route de nivellement à installer

- (4) Un point fixe de nivellement de 2^{ème} ordre a été installé tous les kilomètres, soit par un piquet en fer (60cm) soit par un rivet de 15cm.

Sur les routes de nivellement ordinaire, un piquet en bois ou un rivet en fer a été installé tous les 2km.

3-4-4 Observations

- (1) Les instruments utilisés pour l'observation étaient les suivants:

1) Nivellement de 2^{ème} ordre:

- a. Niveau automatique BIC de précision $\pm 0,3''$
- b. Mires invar de 1^{er} ordre.
- c. Supports de mire

2) Nivellement ordinaire:

- a. Niveau automatique de 3^{ème} ordre
- b. Mires pliables de 3m
- c. Supports de mire

(2) Exécution de l'observation

Des précautions, telles que le contrôle des réglages et de l'égalité des portées, ont été prises avant l'observation.

- 1) Pour le nivellement de 2^{ème} ordre, deux observations ont été faites en parallèle avec 2 mires pour chacun des coups arrière et avant, la portée étant de 60m environ. La méthode de nivellement a été décidée par un accord mutuel entre l'Equipe et l'IGNN.
- 2) Pour le nivellement ordinaire, deux niveaux ont été utilisés dans deux observations en parallèle, la portée étant de 80m environ.

(3) Liaison avec les points de contrôle

Les points de contrôle, installés par l'observation GPS, ont été inclus au maximum dans le réseau de nivellement. Vingt-trois de ces points ont été observés par nivellement direct.

3-4-5 Piquage des repères de nivellement existants et nouveaux

(1) Piquage des repères de nivellement existants

Les routes de nivellement existantes dans la zone concernée ont été piquées comme ci-dessous:

1) Routes de nivellement de 1er ordre: 64km (approx. 10 points)

2) Routes de nivellement de 2^{ème} ordre: 65km (approx. 13 points)

Les points de piquage ont été excentrés au milieu d'une route ou sur un terrain plat, pour faciliter les opérations d'aérotriangulation et de restitution, et représentés sur les photos aériennes après en avoir déterminé la hauteur avec un niveau.

(2) Piquage des routes de nivellement nouvelles

Les nouvelles routes de nivellement de la zone concernée ont été piquées comme indiqué ci-dessous:

1) Routes de nivellement de 2^{ème} ordre: 80km (approx. 40 points)

2) Routes de nivellement ordinaire: 675km (approx. 330 points)

Le piquage sur les routes de nivellement de 2^{ème} ordre a été fait sur les repères de nivellement (tous les 5km environ) et points fixes, qui avaient été installés par l'IGNN, en les excentrant dans un endroit visible tel qu'une route sur les photos aériennes agrandie 2 fois.

Le piquage des routes de nivellement ordinaire a été fait à un intervalle de 2km environ sur les photos aériennes agrandies 2 à 3 fois; de même, le piquage des routes de nivellement de 2^{ème} ordre a été réalisé en choisissant des endroits repérables sur la voie routière.

3-4-6 Précisions d'observation

Concernant la précision d'observation dans les nivellements, les limites ci-dessous ont été appliquées:

(1) Nivellement de 2^{ème} ordre: $5 \text{ mm} \sqrt{S}$ ($S = \text{km}$)

(2) Nivellement ordinaire: $5 \text{ cm} \sqrt{S}$ ($S = \text{km}$)

Cependant le nivellement ordinaire a été fait par deux observations en parallèle en utilisant deux niveaux. Les limites d'observation entre les points de passage ont été alors fixées à 3mm max.

Les résultats concernant les différences d'observation et l'erreur de fermeture de chaque route de nivellement figurent dans le Tableau 13 suivant.

Tableau 13-1 Différences entre l'aller et le retour des routes de nivellement

Ligne	Distance (km)	Différence (mm)	Limite (mm)	Observations
2nd ordre				
de BN21 (puits) à BN38	80,0	11,4	44,7	de Baléyara ~ à Filingué
Ordinaires				
ligne A	98,0	105	494	RN15 à CPI
ligne B	70,0	23	418	CPI à CN31a
ligne C	22,0	41	234	Antenne de CPI
ligne D	82,0	-79	452	Antenne de BN21a
ligne E	90,0	-15	474	BN10Bis à BN20a
ligne F	24,0	-90	244	Antenne de BN38
ligne G	64,0	-117	400	CP2 à BN37
ligne H	24,0	-39	244	Antenne de CP2
ligne I	184,0	150	458	LN6 à CP2
ligne J	12,0	3	173	Antenne de BN21
ligne K	5,0	-6	111	Antenne de JN26

Tableau 13-2 Erreur de fermeture des route de nivellement

Ligne	Distance (km)	Différence (mm)	Limite (mm)	Observations
Lignes A, B	168,0	101	648	RN15 à CN31a
Ligne E	90,0	172	474	BN10Bis à BN20a
Lignes G,I	248,0	371	787	LN6 à BN37

3-5 PIQUAGE

3-5-1 Piquage

Les points géodésiques nécessaires à l'opération d'aérotriangulation ont été piqués sur des photos aériennes en choisissant des positions facilement repérables, après avoir procédé sur le terrain à l'identification des éléments présents sur les photos. Le piquage a été effectué parallèlement aux opérations de levé des points de contrôle et de nivellement.

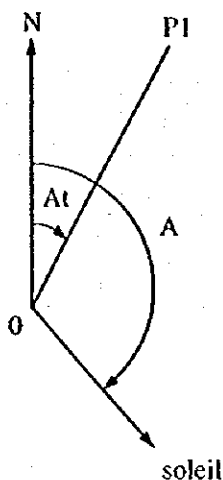
3-5-2 Piquage des points de contrôle

- (1) Les points de contrôle étant choisis à proximité des villages avec des constructions faciles à remarquer, la plupart des points ont pu être piqués directement.

En plus d'un point principal, 2 ou 3 points auxiliaires ont été installés.

- (2) L'angle d'azimut pour le calcul des coordonnées des points auxiliaires a été déterminé par observation du soleil. Chaque observation du soleil consistait à installer une planchette, une alidade et à utiliser un ruban Eslon pour mesurer les distances, et à réaliser ainsi deux observations.

La formule ci-dessous a été adoptée pour le calcul:



$$\tau = (T + I) + \lambda + E - 12h$$

$$\tan A = \tan \tau / \sin \phi - \tan \delta \sec \tau \cos \phi$$

$$\therefore A = \tan^{-1}(\tan \tau / \sin \phi - \tan \delta \sec \tau \cos \phi)$$

τ : angle horaire du soleil

λ : longitude

δ : déclinaison apparente

ϕ : latitude

T: heure d'observation

E: équation du temps

A: azimut du soleil

I: différence entre le temps universel et le temps local
(Niger = -1 heure)

3-5-3 Piquage des repères de nivellement existants

Comme routes de nivellement existantes dans la zone à lever, il existe une route de nivellement de 1er ordre qui longe la route nationale n°1 et celle de second ordre reliant Niamey et Balébara. Le piquage des routes de nivellement a été exécuté sur des photos aériennes, en excentrant les repères de nivellement après avoir vérifié leur marquage sur place, à des points facilement repérables des routes sur la photo. La dénivellée entre les points de nivellement et les points de piquage ainsi excentrés a été mesurée au moyen d'un niveau à lunette.

3-5-4. Piquage de nouvelles routes de nivellement

Il a été exécuté sur des points précis de la route sur des photos aériennes, en excentrant les repères de nivellement et les repères géométriques posés par l'IGNN tous les 5 km le long de la route.

S'agissant des routes de nivellement ordinaire, le piquage a été exécuté tous les 2 km environ sur des photos aériennes.

3-6 PRÉCOMPLÈTEMENT

3-6-1 Description générale

Avant d'entreprendre les travaux sur le terrain, l'Equipe a discuté avec l'IGNN des critères de vérification et de l'établissement des signes conventionnels. Les travaux de précomplètement ont ensuite été réalisés selon les méthodes établies d'un commun accord (ensemble). Parallèlement aux travaux sur le terrain, une série de discussions ont été consacrées aux signes conventionnels et à leurs règles d'application pour la carte de base.

La zone couverte par les travaux de précomplètement est d'une superficie d'environ 27.000 km², comme le montre la carte de la zone à étudier jointe en tête du présent rapport.

3-6-2 Préparatifs

Afin d'assurer le déroulement normal et une exécution efficace des travaux, l'Equipe a expliqué le Plan des Opérations aux organismes japonais au Niger ainsi qu'aux organismes nigériens concernés, et leur a demandé de lui prêter leur concours. Elle a également vérifié auprès de l'IGNN que le bureau central lui serait fourni et que les homologues nigériens participeraient aux travaux, tout comme pour la première année.

3-6-3 Discussions sur les signes conventionnels et leurs règles d'application

Les signes adoptés pour la carte de base existante varient d'une feuille à l'autre. L'Equipe avait donc préparé, comme mentionné plus haut, des documents servant de base aux discussions avec l'IGNN sur les règles d'application des signes conventionnels, afin de déterminer les éléments à représenter sur la carte, les méthodes et les critères de vérification pour le précomplètement, l'expression cartographique et le style détaillé de la carte. L'IGNN avait également élaboré, de son côté, un projet de règles d'application des signes conventionnels sur la base des études préalables. La discussion a ainsi progressé de façon efficace.

Le calendrier de la mission prévoyant le commencement immédiat des travaux préparatoires de photo-interprétation au bureau central à Niamey et ceux du précomplètement sur le terrain, les discussions ont avant tout été d'abord consacrées aux éléments à représenter, aux méthodes du précomplètement et aux critères de vérification. Afin de s'assurer que les signes conventionnels proposés étaient appropriés aux conditions réelles du terrain et afin d'unifier les critères, l'Equipe et le personnel de l'IGNN ont fait conjointement une excursion. Les résultats des discussions ont été consignés dans le procès-verbal de réunion du 5 octobre 1993 (voir l'Annexe 5-2). Au fur et à mesure des travaux sur le terrain, de légères modifications ont été apportées à ces résultats.

Parallèlement à l'exécution du précomplètement, la direction de l'Equipe et l'IGNN ont discuté régulièrement du style détaillé de la carte, comme les symboles, les annotations, les couleurs et l'habillage, qui ont été définitivement fixés lors des discussions à la fin des travaux sur le terrain et consignés dans le procès-verbal de réunion du 9 décembre 1993 (voir l'Annexe 6-3). Conformément au style de la carte et aux signes conventionnels ainsi déterminés, l'Equipe devra réaliser à l'essai une carte (feuille-témoin) qui sera présentée à l'IGNN lors du complètement prévu pour la troisième année.

3-6-4 Répartition des travaux

L'identification sur les photos et la vérification sur le terrain du relief, des détails planimétriques et de la végétation ont été essentiellement effectuées par les membres de l'Equipe, alors que les homologues nigériens ont pris entièrement en charge la mise à jour des documents concernant les noms de lieux, les limites administratives et les routes principales ainsi que la collecte et la vérification des noms de lieux.

Quatre équipes de terrain, respectivement composées en principe de deux membres de l'Equipe et d'un homologue nigérien, ont parcouru chacune la partie de la zone d'étude qui leur était attribuée, et correspondant au découpage des feuilles.

3-6-5 Définition des critères de vérification et travaux préparatoires de photo-interprétation

Les règles d'application des signes conventionnels, établies après discussion avec l'IGNN, ont été communiquées à tous les membres de l'Equipe et les critères de vérification ont été définis avec précision pour éviter la dispersion des résultats du précomplètement, entraînée éventuellement par des jugements arbitraires.

En même temps, des travaux préparatoires de photo-interprétation très soignés ont été effectués au bureau central.

3-6-6 Précomplètement

Au cours du précomplètement, les opérations suivantes ont été effectuées:

- (1) Vérification et correction des résultats de la photo-interprétation;
- (2) Identification des modifications survenues depuis la prise de vues;
- (3) Identification des éléments difficilement identifiables sur les photos;
- (4) Vérification des routes, des bâtiments, des lignes électriques, des oueds, de la végétation, des puits et des formes du terrain;
- (5) Vérification des noms des bâtiments principaux à annoter.

3-6-7 Mise à jour et examen des documents

Les informations recueillies au cours du précomplètement ont été portées, conformément aux signes conventionnels et à leurs règles d'application, sur les photos aériennes agrandies deux fois qui ont été ensuite examinées pour faciliter les opérations ultérieures de restitution et de compilation.

3-6-8 Recueil et vérification des noms de lieux

Sept homologues nigériens ont recueilli et vérifié sur le terrain les noms de lieux en consultant les photos aériennes agrandies deux fois, une carte au 1/50.000 obtenue par

agrandissement de la carte topographique au 1/200.000 et la liste des noms de lieux, établie par l'IGNN.

Plus précisément, les homologues nigériens qui faisaient partie des équipes sur le terrain ont recueilli et vérifié sur place les noms de lieux naturels et les noms administratifs à retenir et les ont notés sur les photos aériennes agrandies deux fois et sur la liste des noms de lieux. Les renseignements ont été ensuite transcrits sur le manuscrit des annotations (carte topographique au 1/50.000 obtenue à partir de la carte au 1/200.000) conformément aux signes conventionnels et à leurs règles d'application. Tous ces documents ont été soumis aux homologues nigériens pour un examen final et ont été remis à l'Equipe.

3-6-9 Elaboration du manuscrit des limites administratives et des routes

Les homologues nigériens ont consulté les documents concernant les limites administratives et les routes, conservés par des organismes concernés du Niger, et ont reporté ces renseignements sur la carte au 1/200.000 et sur le manuscrit des annotations, qui ont été ensuite remis à l'Equipe après examen final.

3-6-10 Contrôle de la précision

Les résultats du précomplètement ont fait l'objet de vérifications et un tableau de contrôle de la précision a été établi portant sur les points suivants:

- (1) Omissions éventuelles lors du précomplètement et qualité de la mise à jour des documents;
- (2) Identification des éléments difficilement identifiables sur les photos;
- (3) Transcription des divers noms;
- (4) Désaccord éventuel entre les photos aériennes et les différents documents.

3-6-11 Rapport d'avancement

A la fin des travaux de précomplètement, l'Equipe d'étude a rédigé un rapport d'avancement, faisant la synthèse des discussions et des résultats du précomplètement (voir Annexe 6-1).

3-7 AÉROTRIANGULATION

3-7-1 Description générale

L'aérotriangulation a été effectuée sur la base des résultats de la géodésie spatiale et du nivellement exécutés à la première année, pour déterminer les coordonnées géodésiques des points de passage et des points de rattachement nécessaires aux opérations de restitution.

Le schéma de l'aérotriangulation, est représenté en Fig.9.

(1) Spécifications

Echelle des photos:	1/60.000
Nombre de bandes:	14
Nombre de modèles:	547
Nombre de points de contrôle:	planimétriques: 38 points; altimétriques: 165 points
Calcul de compensation:	méthode Bundle, c'est-à-dire compensation par faisceaux perspectifs (à l'aide d'un programme de calcul développé par The Japan Society of Photogrammetry)

(2) Matériel principal

Marqueur de points:	PUG-2690 (Wild)
Stéréocomparateur:	Stécomètre 235885 (Zeiss-Jena)
Ordinateur:	FACOM M-760/4 (Fujitsu)

3-7-2 Sélection des points

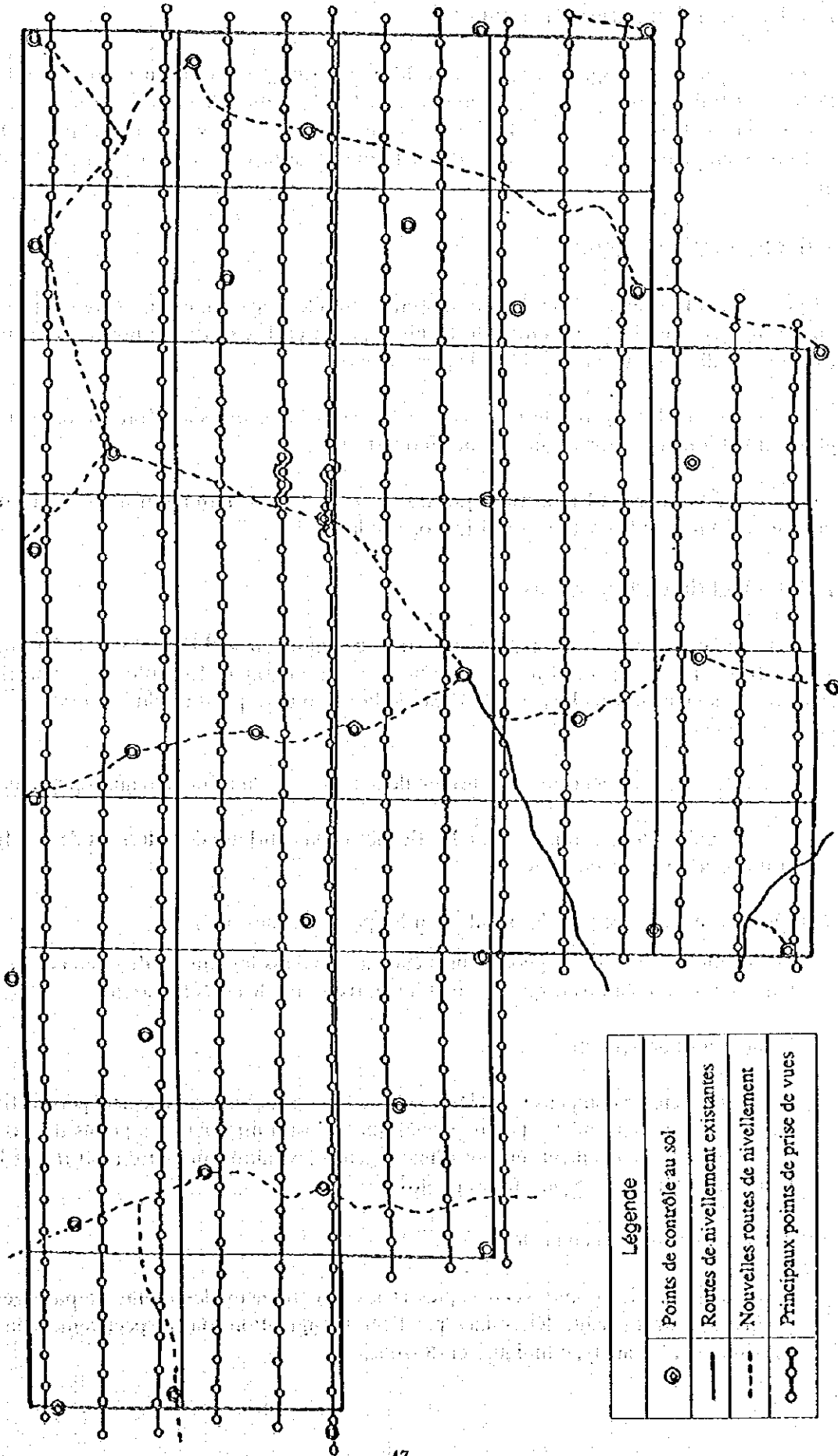
Les points de passage, ont été sélectionnés dans la partie recouverte par 3 photos successives, et localisés à un endroit facilement repérable sur les photos par vision stéréoscopique. Dans cette partie commune des photos, un point se trouve à proximité du point principal de chaque photo, et les autres points sont alignés sur la verticale du point principal, placé respectivement au-dessus et en-dessous et à peu près à égale distance de la ligne horizontale de base passant par le point principal de la photo.

Les points de rattachement sélectionnés sont localisés à des endroits nettement visibles sur les photos et transférables sur les zones de recouvrement entre bandes voisines, à raison d'un point par modèle.

3-7-3 Marquage de points

Les points de passage et les points de rattachement ont été reportés sur les films positifs à l'aide d'un marqueur.

Fig. 9 Schéma de l'aérotriangulation



3-7-4 Mesure des coordonnées-image

Les coordonnées-image des repères de la photo, des points de passage, des points de rattachement et des points géodésiques appartenant à chaque modèle ont été mesurées deux fois au stéréocomparateur. Lorsque la différence de ces deux mesures était supérieure à 0,02 mm, une mesure supplémentaire a été effectuée et la moyenne des trois mesures a été finalement retenue.

3-7-5 Orientation interne

Les coordonnées-appareil des points mesurés ont été transformées en coordonnées-image d'un point origine situé au centre de la photo, auxquelles ont été apportées ensuite les corrections de distorsion de la chambre de prise de vue.

Les résidus sur les repères de la photo ont été calculés en μm sur l'épreuve par contact en appliquant la formule de transformation de Hermert.

Les résultats du calcul montrent que les résidus étaient nettement dans les limites de tolérance de 30 μm , fixées par les Spécifications de la JICA.

3-7-6 Calcul de compensation

La totalité de la zone à cartographier a été traitée comme un seul bloc et la compensation par bloc par faisceaux perspectifs a été effectuée en appliquant la formule de transformation projective dans laquelle l'inclinaison de l'axe de la photo et la position du centre de projection sont des inconnues.

(1) Correction de l'influence de la courbure de la terre et de la réfraction atmosphérique

Lors du calcul de la compensation, l'influence de la courbure de la terre et de la réfraction atmosphérique a été corrigée.

(2) Limites de tolérance pour les résidus sur les points géodésiques

Les résidus sur les points géodésiques étaient tous dans les limites de tolérance de 7,2 m, tant en position planimétrique qu'en altitude, fixées par les spécifications.

(3) Résidus à l'intersection

Après le calcul de compensation, les résidus à l'intersection des faisceaux perspectifs pour les points mesurés sauf les points géodésiques, c'est-à-dire pour les points de passage et les points de rattachement, étaient d'une valeur maximum inférieure à 30 μm et l'écart-type était inférieur à 15 μm sur les photos.

(4) Tableaux des résultats du calcul

Les résidus sur les points géodésiques et les discordances des points de passage et des points de rattachement, déterminés par l'aérotriangulation, ont respectivement la valeur maximum et l'écart-type indiqués ci-dessous.

Résidus sur les points géodésiques

Nombre de bandes et de modèles	Nombre de points géodésiques		Résidus sur les points géodésiques (en position planimétrique)		Résidus sur les points géodésiques (en altitude)		Limites admises
	planimétriques	altimétriques	Ecart-type (m)	Valeur maximum (m)	Ecart-type (m)	Valeur maximum (m)	
14 bandes 547 modèles	38	165	1.58	4.21 (7.20)	0.84	5.73 (7.20)	Limites de tolérance fixées par les spécifications: 0,8 ‰ de la hauteur de vol au-dessus du sol en position planimétrique et en altitude

Discordances des points de passage et des points de rattachement

en position planimétrique		Limites admises
Ecart-type	Valeur maximum	
7.49 μm (15 μm)	29.27 μm (30 μm)	Limites de tolérance fixées par les spécifications: Ecart-type: 0,015 mm Valeur maximum: 0,03 mm

(sur les photos en μm)

3-8 RESTITUTION

3-8-1 Description générale

Les minutes de restitution ont été établies au moyen d'un stéréorestituteur et les différents éléments à représenter sur la carte topographique ont été restitués en utilisant les photographies aériennes et en se basant sur les résultats de l'aérotriangulation et des études sur le terrain.

Les résultats de l'aérotriangulation et ceux qui ont été mentionnés sur les photos aériennes utilisées pendant le précomplètement ont été classés avant de procéder à la restitution. Simultanément, conformément aux instructions d'opérations établies l'année précédente, nous avons fourni les instructions nécessaires au responsable de la restitution.

Se référer à la Fig. 3 pour le déroulement de la restitution.

3-8-2 Spécifications

Echelle de stéréo-restitution:	1:50.000
Superficie à restituer:	27.000 km ²
Nombre de coupures:	36
Courbes de niveau:	20 m pour les courbes normales 100 m pour les courbes maîtresses 5 m ou 10 m pour les courbes intercalaires (selon le relief)
Projection:	Projection UTM, Fuseau 31 (Méridien central 3°)
Cadre intérieur des feuilles:	15' Est-Ouest × 15' Nord-Sud
Numérotage des coupures:	le numéro et la désignation de chaque feuille sont donnés dans la Fig. 11.
Support:	Support en polyester #500 pour les planches de la planimétrie et des courbes de niveau; #300 pour les cartes documentaires des points de contrôle
Précision:	Classe A des spécifications de la JICA

3-8-3 Appareils utilisés

Appareils de restitution:	Stéréo-plotter A-8 (Wild) Stéréo-métroraphe (Zeiss-Jena)
Coordinatographe:	Xynetics (Seiko Denshi Kogyo)

3-8-4 Report et tracé des points de contrôle et d'autres éléments

(1) Eléments reportés et tracés

Les éléments suivants ont été reportés au moyen du coordinatographe automatique sur chaque planche des détails planimétriques et des courbes de niveau, et les cartes documentaires des points de contrôle.

Cartes et calques	Éléments tracés
Détails planimétriques, Courbes de niveau	Cadre intérieur des feuilles, amorces marginales du quadrillage de Projection UTM et de la longitude et de la latitude, Points de contrôle géodésique existants, Nouveaux points de contrôle, Résultats de l'aérotriangulation (points de passage, points de rattachement)
Points de contrôle	Nouveaux points de contrôle, Résultats de l'aérotriangulation (points de passage, points de rattachement) Cadre intérieur des feuilles

(2) Amorces marginales, lignes du quadrillage

Les amorces marginales du quadrillage de la projection UTM indiquées tous les kilomètres et les lignes croisées indiquées sur la carte tous les 5 kilomètres ont été portées. Les amorces ont été tracées tous les 5' le long du cadre de la carte.

(3) Erreur de traçage

On a décidé que l'erreur de traçage sur la minute de restitution ne pouvait être supérieur à 0,2 mm.

(4) Trous de repérage

La restitution étant à effectuer séparément pour les détails planimétriques, les courbes de niveau et les points de contrôle, des trous de repérage ont été perforés dans tous les supports en faisant en sorte que leur position coïncident sur tous les documents.

3-8-5 Orientation

(1) Orientation relative

Pour l'orientation relative, 6 points de passage ont été utilisés. On a décidé que la parallaxe longitudinale résiduelle ne pouvait être supérieure à 0,02 mm sur les films positifs.

(2) Orientation absolue

L'orientation absolue a été effectuée en utilisant des points de passage et de rattachement déterminés par l'aérotriangulation, des points de contrôle, les points de contrôle et les repères de nivellement piqués sur les photos. La tolérance pour l'orientation absolue était conforme aux spécifications de la JICA.

(3) Orientation de la hauteur

Dans la zone de la présente étude, les différences de niveau étant relativement faibles, nous avons utilisé quant à l'orientation de la hauteur, dans la mesure du possible les repères de nivellement, etc. intégrés dans chaque modèle, et nous nous sommes ainsi efforcés d'augmenter la précision quant à l'altitude de la carte topographique. En outre, après avoir effectué l'orientation relative et l'orientation absolue, les valeurs de l'écart résiduel et des autres écarts ont été consignés dans les registres de l'orientation.

3-8-6 Restitution des détails

(1) Spécifications de la restitution

- 1) Des instructions concernant les signes conventionnels et leurs règles d'application, les méthodes détaillées de stéréo-restitution et le raccordement des feuilles ont été données, conformément aux instructions pour les travaux de restitution, à tous les opérateurs afin d'éviter toute incohérence ou inégalité dans leur travail.
- 2) Les différences de niveau dans la zone d'étude étant relativement faibles, nous avons attaché la plus grande importance à respecter les caractéristiques topographiques en restituant les courbes de niveau.

(2) Eléments restitués

- 1) Minutes de restitution: routes, habitations, végétation, symboles et signes, courbes de niveau, etc. (détails planimétriques, courbes de niveau):
- 2) Cartes documentaires (calques) des points de contrôle: points de contrôle, repères de nivellement, position des points cotés.

(3) Couleurs utilisées

Les minutes de restitution ont été réalisés en utilisant les couleurs suivantes:

- Noir: détails artificiels (points de contrôle, routes revêtues, bâtiments, lignes électriques, lignes téléphoniques et autres objets linéaires), symboles divers, courbes maîtresses de niveau, talus et escarpements rocheux, etc.
- Rouge: pistes ou sentiers, clôtures, terrains sablonneux, symboles divers
- Vert: limites de la végétation
- Bleu: éléments hydrographiques (limites hydrographiques, cours d'eau temporaires, symboles concernant l'eau et autres ressources hydrauliques, etc.), dépressions fermées.
- Orange: courbes de niveau (normales), courbes de niveau de curette, etc.

(4) Précautions prises lors de la restitution

1) Détails planimétriques

- Le tracé des routes et chemins, objets linéaires, habitations, végétation, etc., a été effectué dans l'ordre, conformément aux signes conventionnels et à leurs règles et en consultant les photographies aériennes de la zone d'étude.
- La représentation graphique des bâtiments a été en principe généralisée et les agglomérations ont été représentées par leurs contours d'une manière conventionnelle.

- Les limites hydrographiques ont été représentés à partir des conditions réelles sur les prises de vues aériennes. Quant aux limites hydrographiques non déterminées, elles ont été représentées en fonction des contours indiqués sur les photographies aériennes et en se basant sur l'identification sur le terrain.

2) Courbes de niveau

La représentation des courbes de niveau a été effectuée de manière à garantir la précision requise pour les cotes d'altitude et à bien représenter de manière détaillée les conditions topographiques. Notamment, en ce qui concerne la représentation spécifique des terrains creux et des dépressions observés dans la région concernée, des oueds, des collines, des courbes intercalaires ont été tracées tous les 10 ou 5 mètres le cas échéant.

3) Mesures des points cotés

Les points cotés ont été mesurés chacun à deux reprises par stéréorestituteur aux endroits indiqués ci-dessous, conformément aux règlements appliqués en cartographie, et arrondis au mètre. Leur valeur moyenne a été retenue. Les points cotés seront distribués de manière à obtenir en principe une densité d'un point tous les 5 cm², en comptant les points de contrôle. D'autre part, la position des points cotés a été portée sur les minutes de restitution et les valeurs mesurées sur les cartes documentaires des points de contrôle.

4) Positionn des points cotés

- * Aux sommets principaux, dans les cols importants;
- * A l'intersection des routes principales;
- * Aux points de différences ou de modifications topographiques remarquables
- * Aux points caractéristiques du terrain
- * Aux fond des dépressions
- * Aux autres points nécessaires à la représentation précise des formes du terrain.

3-8-7 Raccordement des feuilles restituées

Les feuilles des minutes de restitution ont été raccordées avec les feuilles adjacentes. En cas de besoin, les tracés ont été restitués de nouveau à l'aide des appareils de restitution.

3-8-8 Examen

Après avoir achevé la restitution, on a confronté les manuscrits de restitution avec les prises de vues aériennes et les autres documents recueillis. On a également contrôlé la conformité et la compatibilité des méthodes cartographiques et s'il n'y avait pas d'oublis au niveau de la restitution. Les résultats ont été consignés sur le tableau de contrôle de la précision. En outre, les points signalés lors du contrôle ont tous été corrigés.

3-9 COMPILATION

3-9-1 Description générale

Les manuscrits de compilation ont été établis en utilisant les minutes de restitution comme fond de carte ainsi que les photographies aériennes utilisées sur le terrain et les autres documents recueillis; les éléments à compiler ont été représentés par leurs symboles respectifs en se conformant aux signes conventionnels et à leurs règles d'application. Dans les parties encombrées, les éléments à compiler ont été généralisés, déplacés ou abrégés. En outre, les calques des diverses cartes documentaires ont été établis en vue des opérations ultérieures.

3-9-2 Spécifications

Echelle de compilation:	1:50.000
Superficie:	27.000 km ² environ
Volume des travaux:	36 coupures, cartes documentaires (calques des annotations, des routes, des points de contrôle, etc.)
Projection:	Projection UTM Fuseau 31 (Méridien central 3°)
Cadre de intérieur des feuilles:	15' x 15'
Numérotage des feuilles:	le numéro et la désignation de chaque feuille sont donnés dans la Fig. 2.
Signes conventionnels:	Modes de compilation et critères d'application afférents conformément au "Tableau des signes conventionnels et leurs applications" pour les cartes au 1:50.000 approuvé par l'IGNN et l'Equipe d'étude après discussions.
Précision:	Classe A des spécifications de la JICA pour les levés effectués dans les pays étrangers (pour les cartes de base)

3-9-3 Report et tracé des points de contrôle et d'autres éléments sur les feuilles de compilation

Le cadre limitant la feuille a été tracé sur un support pour les manuscrits de compilation et les différentes cartes documentaires à l'aide du coordinatographe. Sur le support pour les manuscrits de compilation, à part les points de contrôle reportés, ont été tracés les méridiens et les parallèles tous les 5', les amorces marginales des quadrillages d'UTM tous les kilomètres et les croix de quadrillage tous les 5 km sur la carte.

L'erreur de longueur fixée pour les bords du cadre est inférieure à 0,3 mm. Quant à la longueur des lignes d'angle, elle est inférieure à 0,4 mm.

3-9-4 Compilation

(1) Signes conventionnels de compilation

Les manuscrits de compilation ont été réalisés d'après les modes de compilation et critères d'application afférents conformément aux tableaux des signes conventionnels et leurs

applications pour les cartes au 1:50.000, approuvés par l'IGNN et l'Equipe d'étude après discussions.

(2) Méthodes de compilation

La compilation a consisté à superposer les supports en polyester pour les manuscrits de compilation sur lequel les points de contrôle et d'autres éléments avait été déjà reportés au préalable, aux minutes de restitution, à effectuer le tracé des détails planimétriques restitués, et à réaliser en dernier le tracé des courbes de niveau.

On a également pris lors de la compilation les précautions nécessaires pour éviter les éléments figurés à tort ou omis. Les points considérés douteux ont été en même temps indiqués, avec les notes indispensables, sur un calque superposable en vue du complètement sur le terrain.

(3) Numéro et désignation des feuilles

Le numéro et la désignation de chaque feuille ont été indiqués conformément aux documents fournis par l'IGNN. En outre, en ce qui concerne la République du Niger, on n'utilise pas la dénomination des cartes (nom de carte) selon le nom propre (Voir Fig. 2).

(4) Couleurs utilisées

Les couleurs suivantes ont été utilisées pour les manuscrits de compilation:

- Noir: points de contrôle, pistes et sentiers, lignes électriques et autres objets linéaires, points cotés, courbes maîtresses, cotes des courbes de niveau, limites administratives, objets de petite taille, talus et escarpements rocheux, etc;
- Rouge: routes revêtues, clôture, sommets rocheux, etc;
- Vert: limites de végétation, symboles de la végétation, laies forestières (coupe-feu), etc;
- Bleu: nappes d'eau, symboles des puits, symboles hydrographiques
- Orange: Courbes de niveau (normales), courbes de niveau de cuvette, etc.

(5) Renseignements portés en marge (habillage)

En ce qui concerne la valeur de la déclinaison magnétique, on a utilisé la valeur fournie par l'IGNN.

3-9-5 Précautions prises lors de la compilation

(1) Représentation des routes

- * Les routes possédant un numéro ont été représentées avec ce numéro.
- * Seules les routes importantes dans les agglomérations ont été généralisées, et représentées avec exactitude afin que les conditions actuelles des routes soient reflétées.
- * Les routes généralisées dans les petites agglomérations ont été schématisées selon les signes conventionnels.

2) Représentation des agglomérations

- * On a appliqué la généralisation dans les zones urbaines où il y a forte concentration de bâtiments.
- * Quant aux petites agglomérations non généralisées, et dans le cas d'une concentration de bâtiments représentés par des points sur les minutes de restitution, on a fait en sorte d'exprimer la dissémination des habitations lors de la compilation.

3) Topographie, etc.

- * On a essayé de rendre fidèlement les escarpements délimitant les montagnes tabulaires.
- * Comme les vastes cuvettes et terrains en creux sont nombreux, on a pris soin de ne pas omettre les marques indiquant les dépressions.

4) Etablissement des calques des annotations et mise à jour

- * Les annotations indiquées sur les originaux des calques réalisés l'année précédente ont été contrôlées par la contrepartie nigérienne. En outre, le nom des sites naturels, le nom des agglomérations et le nom des organismes administratifs dont on a estimé que des ajouts et corrections étaient nécessaires ont été extraits et ont fait l'objet d'une vérification sur le terrain. On a établi les nouveaux originaux des calques des annotations conformément aux résultats obtenus.
- * La taille et la forme des lettres ainsi que l'espacement entre les lettres et l'emplacement des annotations ont été décidés après discussions finales avec l'IGNN.
- * Les annotations de destination des voies de communication ont été déterminées après discussion avec l'IGNN.

3-9-6 Etablissement des différentes cartes documentaires (calques)

Lors des opérations de compilation, afin que des points douteux ou des problèmes n'apparaissent pas lors des opérations ultérieures de rédaction cartographique, on a réalisé sur un support polyester de mêmes dimensions que la carte topographique les calques suivants avec les principales indications qui ont été classées.

(1) Calques des annotations

Indication des lettres (avec leurs types) qui seront indiquées sur la carte topographique, ainsi que la grosseur des lettres et leur emplacement.

(2) Calques des routes

Ce calque représente le classement de la gestion administrative et la qualification (largeur et état du revêtement de la chaussée) des routes.

(3) Calques des points de contrôle

Ce calque préparé au cours de la stéréo-restitution a été passé à l'encre. Les points dont la cote n'est pas mentionnée sur la carte topographique ont été rayés sur le calque.

(4) Calque des limites administratives

Les limites administratives indiquées sur la carte topographique ont été indiquées sur le calque avec leurs symboles spécifiques.

3-9-8 Raccordement

Le raccord de chaque feuille avec les feuilles adjacentes a été fait de manière à assurer un bon enchaînement du tracé.

3-9-9 Contrôle de la précision

A la fin de la compilation, un support en polyester #150 a été superposé aux manuscrits de compilation pour y inscrire les résultats de la confrontation avec les photographies aériennes renseignées sur le terrain, et la correspondance entre les courbes de niveau et les points cotés a été vérifiée ainsi que leur conformité aux signes conventionnels. Les points douteux ou incertains ont été en outre notés sur ce calque en vue du complètement et vérifiés lors du complètement sur le terrain.

3-10 COMPLÈTEMENT SUR LE TERRAIN

3-10-1 Description générale

Après l'arrivée au Niger, des dispositions ont été prises pour l'hébergement et le bureau de l'Equipe japonaise. Parallèlement, l'Equipe a donné à l'IGNN les explications concernant le P/O, a également eu des discussions avec la contrepartie et vérifié entre autres les commodités et contributions apportées lors de son séjour, et effectué les préparatifs pour commencer les travaux sur le terrain.

Au cours des travaux de complètement, la topographie, les détails planimétriques, les toponymes, etc., qui étaient représentés sur les manuscrits de compilation ont été comparés aux conditions réelles de terrain. Par ailleurs, on a recueilli des renseignements complémentaires et effectué des vérifications et des recherches concernant les points qui avaient été jugés douteux lors de la restitution et de la compilation au Japon. De plus, on a rajouté les modifications intervenues dans le temps après les prises de vues aériennes.

Les résultats de l'étude ont été mentionnés ensuite et mis au net sur les photographies aériennes, sur les calques superposés aux photos et sur le duplicata des manuscrits de compilation, car ces documents serviront de base pour réaliser par la suite l'original de la carte topographique.

3-10-2 Préparation

Les arrangements suivants ont été pris:

- (1) Dès son arrivée, la Direction de la mission a expliqué à l'IGNN le programme d'étude en s'appuyant sur le plan des opérations P/O dans un souci d'exécuter les travaux avec le plus d'efficacité et sans problème, et la partie nigérienne a donné son approbation.
- (2) On a également vérifié et eu confirmation des points suivants: fourniture des bureaux pour la mission, des chauffeurs, des membres de la contrepartie nigérienne, la mise à disposition des ouvriers, etc. ainsi que les contributions apportées par le Gouvernement du Niger.
- (3) Les véhicules fournis par le bureau de JOCV (Japan Overseas Cooperation Volunteers) ont été préparés et entretenus.
- (4) Un site d'hébergement permettant un long séjour et situé dans un endroit bien desservi et d'accès facile a été choisi par l'Equipe. D'autre part, dans le cadre des préparatifs des travaux, les principaux points suivants ont été décidés et réalisés.
- (5) Entretien des véhicules

Nous avons pris possession des véhicules pour l'exécution des travaux qui étaient restés au bureau de JOCV après la fin des travaux de la deuxième année. Le responsable de la gestion des véhicules s'est chargé de réviser soigneusement et d'entretenir lesdits véhicules.

- (6) Demande de collaboration pour la mission, délivrance de la carte d'identité

- 1) L'IGNN a demandé par écrit aux collectivités locales et autonomes concernées de la zone d'étude d'apporter leur collaboration à l'Equipe d'étude tout en leur précisant le contenu

de leur mission.

2) L'IGNN a également délivré à tous les membres de la mission d'étude un ordre de déplacement.

(7) Demande de vérification et de contrôle des cartes documentaires d'annotations

Une copie des cartes documentaires des annotations a été remise à l'IGNN pour vérification et ajout des noms administratifs, des toponymes, des noms propres, etc.

(8) Discussions avec les homologues nigériens

Après l'arrivée au Niger, l'IGNN a présenté à la partie japonaise les homologues nigériens de l'IGNN qui accompagneront les équipes japonaises sur le terrain et les deux parties ont discuté du plan de travail concernant l'exécution de l'étude et la répartition des tâches entre les parties.

(9) Comparaison des documents concernant les toponymes, etc.

En ce qui concerne les annotations, la partie nigérienne et la partie japonaise ont comparé et contrôlé séparément les cartes documentaires des annotations et les documents de référence afin de mettre en évidence les points douteux. D'autre part, on a confronté les cartes documentaires des annotations et les manuscrits de compilation, et mis en évidence les points où les annotations étaient absentes ou insuffisantes. En ce qui concerne les points douteux mis en évidence par ces deux méthodes, les deux parties ont discuté de la nécessité ou non d'effectuer des vérifications sur le terrain et de recueillir des renseignements supplémentaires, etc. D'autre part, à cette occasion, et tout en prenant en considération les autres points douteux, on a déterminé l'itinéraire à parcourir lors du complètement.

3-10-3 Complètement

Les résultats des opérations énumérés ci-dessous ont été consignés sur la reproduction des manuscrits de compilation et des calques des annotations ainsi que sur la planche combinée de ces documents.

(1) Opérations effectuées principalement par l'Equipe japonaise

1) Contrôle général des manuscrits de compilation

En parcourant le terrain, les éléments importants qui avaient été omis ou figurés à tort ont été décelés et le travail de compilation a été ainsi contrôlé.

2) Vérification des points considérés comme douteux lors de la restitution et de la compilation

On a éclairci les points douteux sur le terrain en confrontant les manuscrits de compilation et les photos aériennes.

3) Modifications à cause des changements au fil des ans

Les changements survenus depuis la prise de vues aériennes ont été modifiés. La position des éléments de faible dimension invisibles sur les photographies a été déterminée au besoin à l'aide d'un appareil portatif de GPS.

(2) Opérations effectuées principalement par la partie nigérienne

1) Contrôle des annotations générales

Les annotations et renseignements qui n'ont pu être vérifiés à l'atelier ainsi que les toponymes, etc. qui sont devenus douteux suite à leur confrontation avec d'autres documents, etc. ont été contrôlés et vérifiés sur le terrain par la contrepartie nigérienne ou ont fait l'objet d'une étude complémentaire.

2) Examen des noms administratifs et des limites administratives et report

Les noms administratifs qui sont devenus douteux suite à leur confrontation avec les documents de l'étude sur le terrain effectuée au cours de la deuxième année et avec les documents concernant les noms administratifs en la possession de l'IGNN, ont été contrôlés et vérifiés sur le terrain. En ce qui concerne toutes les limites administratives, le personnel de la contrepartie nigérienne a confronté les documents et les a indiquées sur les bleus des manuscrits de compilation.

3-10-4 Etablissement de l'original de la carte topographique

Après le retour au Japon, on a effectué les corrections et la mise au net des manuscrits de compilation et des diverses cartes documentaires en se basant sur les documents de l'étude mentionnés ci-dessous. On a également établi les documents cartographiques nécessaires à la rédaction cartographique et à l'impression pour réaliser l'original de la carte topographique.

- 1) Manuscrits cartographiques du complètement sur le terrain
- 2) Documents concernant les annotations
- 3) Documents concernant le réseau routier (types de routes, nom des routes, notation des destinations, etc.)
- 4) Documents concernant les limites administratives
- 5) Autres documents

3-10-5 Examen

Le chef adjoint de mission et l'ingénieur en chef ont examiné rigoureusement les originaux de la carte qui ont été achevés et dressé un tableau de contrôle de la précision sur la base des résultats de l'examen.

L'examen se résume comme ce qui suit:

- 1) Vérification des éléments représentés;
- 2) Décèlement des éléments omis;
- 3) Nouvel examen de l'expression cartographique;
- 4) Vérifier si l'orthographe et la position des annotations sont correctes ou non.

3-11 RÉDACTION CARTOGRAPHIQUE

3-11-1 Description générale

La rédaction cartographique consiste à établir, sur la base des originaux de la carte topographique (manuscrits de compilation corrigés après le complètement sur le terrain) et des calques des cartes documentaires, les originaux de dessin à partir desquels seront établis les planches pour l'impression des cartes topographiques.

3-11-2 Signes conventionnels pour la rédaction de la carte

La rédaction cartographique a été effectuée avec les signes conventionnels établis après discussions entre l'IGNN et les membres de la mission, sur la base des symboles cartographiques spécifiés dans les "tableaux des signes conventionnels et leurs règles d'application pour les cartes topographiques au 1:50.000".

3-11-3 Supports utilisés

Pour l'établissement de la carte, ont été utilisés, selon les résultats à obtenir, les supports indiqués ci-dessous dont le format est B I (69 cm x 89 cm).

Supports	Quantité	Résultats à obtenir
Couche à tracer	16 coupures x 5	Planche gravée
Feuille en polyester	16 coupures x 4	Planche des annotations et des symboles, planche des courbes de niveau, masque des annotations
Couche pelliculable "Peel coat"	16 coupures x 13	Masque
Couche pelliculable "Strip coat"	16 coupures x 6	Masque
Film négatif	16 coupures x 2	Transformé en négatif
Film positif	16 coupures x 6	Transformé en négatif

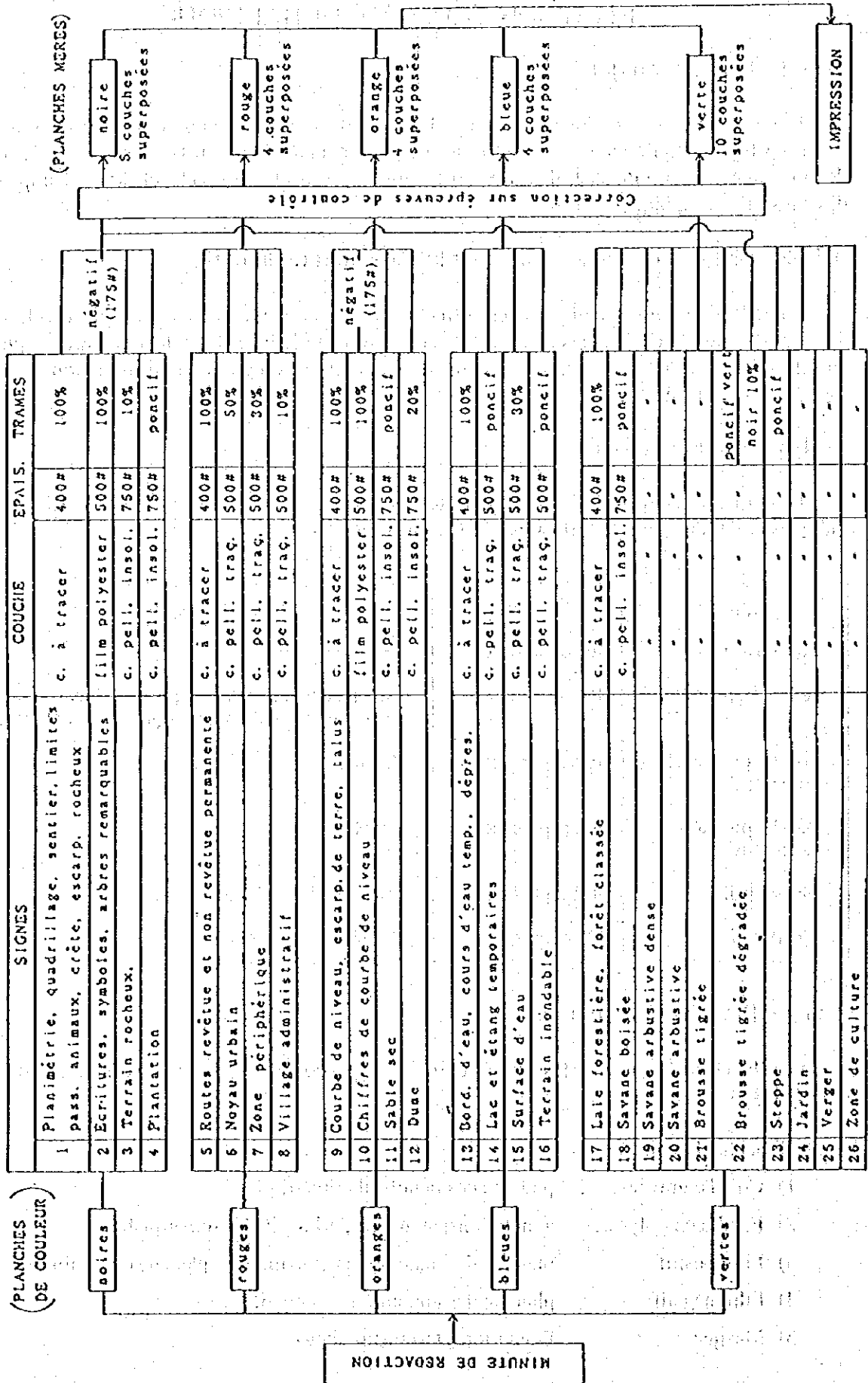
3-11-4 Planches de couleurs

Les planches indiquées ci-dessous ont été rédigées par couleurs séparées, dont le détail est donné dans la Fig. 10:

(1) Planche du noir

- 1) Couche gravée: planche des détails planimétriques
- 2) Feuille en polyester: annotations, symboles, arbres isolés remarquables
- 3) Film positif: planche des annotations et symboles, planche de l'habillage
- 4) Film négatif: planche des annotations - négatif
- 5) Masque: Plantations, terrains rocheux

Fig. 10 Redaction (dessin par gravure) de la carte topographique 1:50.000 du Niger



(2) Planche du rouge

- 1) Couche gravée: routes revêtues, routes de praticabilité permanente
- 2) Masque: noyau urbain, zone périphérique, regroupements naturels d'habitations

(3) Planche de l'orange

- 1) Couche gravée: courbes de niveau, talus et escarpements en terre, levés de terre et digue
- 2) Feuille en polyester: cotes des courbes de niveau
- 3) Masque: terrains sablonneux, dunes
- 4) Film négatif: planche des cotes des courbes de niveau - négatif

(4) Planche du bleu

- 1) Couche gravée: cours d'eau permanents, puits, cours d'eau temporaires
- 2) Masque: nappes d'eau permanentes, étangs et mares temporaires, terrains inondables

(5) Planche du vert

- 1) Couche gravée: laies forestières (coupe-feu)
- 2) Masque: savane boisée, savane arbustive dense, savane arbustive, brousse tigrée, brousse tigrée dégradée, steppe, jardins, vergers, zones de culture

3-11-5 Rédaction cartographique

(1) Repérage

L'original de dessin d'une feuille de carte est constitué de nombreuses planches (25 en moyenne) pour les cinq couleurs d'impression. Elles sont ensuite réunies et tirées sur un seul support en polyester pour constituer une épreuve pour les corrections (tirage des planches surimprimées). Ou bien, elles sont réunies couleur par couleur et tirées sur un support pour établir les clichés d'impression. Afin d'éviter le décalage des feuilles et d'assurer le repérage facile des planches au moment des opérations, tous les supports de chaque planche ont été perforés en superposition avant de réaliser le report photographique des images de la planche sur ces supports. Des repères en croix ont également été disposés au centre des deux côtés dans les marges en vue de permettre le repérage au moment de l'impression.

(2) Report photographique

Pour chaque feuille de carte, autant de couches à graver que de couleurs à employer ont été recouvertes d'enduit photosensible diazo et ont été superposées à l'original de la carte pour reporter photographiquement les tracés sur lesdits supports. (Procédé de diazocopie)

(3) Gravure sur couches

Le tracé de l'original de la carte étant reporté sur les couches à tracer (5 couches pour une

feuille de carte), l'emplacement sur cette couche d'enduit inactinique des traits à représenter de même couleur a été gravé avec des outils munis d'une pointe d'une épaisseur spécifiée en fonction des traits à graver. Les originaux de rédaction cartographique qui correspondent, par analogie, aux négatifs photographiques ont été ainsi obtenus pour chaque couleur considérée.

(4) Réalisation des masques

Afin de reporter sur les clichés d'impression les parties de la carte qui seront recouvertes par une trame ou un poncif, des masques ont été réalisés permettant ainsi d'exposer uniquement les surfaces désirées.

Pour les obtenir, deux sortes de support ont été utilisés. Selon les cas, on a utilisé une feuille de polyester recouverte d'une couche d'enduit inactinique qui est superposée au support de tracé sur couche déjà exécuté, puis la couche d'enduit est décapée et pelée au moyen d'une lame sur les surfaces à dégager (strip coat); ou encore - dans l'autre cas - une feuille de polyester recouverte d'une couche d'enduit inactinique sensibilisée, sur laquelle est reportée photographiquement la couche gravée pour éliminer les surfaces non concernées (peel coat).

Pour les éléments qui occupent une faible surface (annotations, cotes des courbes de niveau, etc.) et qui ne sont pas implantés sur le tracé, les surfaces en question ont été rendues opaques au moyen d'un enduit inactinique.

(5) Etablissement de la planche des annotations et des symboles

Les lettres des noms administratifs et des noms d'agglomérations indiqués sur les calques des annotations ainsi que les lettres des cotes d'altitude sur les calques des points de contrôle et les indications concernant les courbes de niveau sur l'original de la carte topographique, d'une forme et d'une taille spécifiées, ont été réalisées au moyen d'une photocomposeuse comme indiqués sur les documents. Puis les planches des annotations et des symboles ont été réalisées par collage des annotations sur des supports en polyester selon l'emplacement indiqué sur les originaux de la carte topographique et les calques d'annotations. En outre, en ce qui concerne une partie des symboles, on a établi des planches originales destinées à la photocomposeuse qui ont été collées ensuite sur celles des annotations et symboles réalisés au moyen dudit appareil.

(6) Légende et autres renseignements portés en marge

On a fabriqué l'original des éléments communs à toutes les feuilles et, sur une reproduction de l'original, on a indiqué l'emplacement spécifique des planches correspondant à chaque couleur. Les numéros des feuilles, le contour général des circonscriptions administratives, et autres parties qui diffèrent pour chaque feuille ont été représentés séparément sur chaque planche respective.

(7) Obtention des positifs et des négatifs

Les planches qui, du fait du processus de rédaction cartographique adopté, sont nécessairement des documents positifs, telles que les planches des annotations et des symboles, etc., ont été transformées en négatifs en vue du tirage de l'épreuve destinée aux corrections. Pour les documents négatifs qui doivent être combinés à l'avance avec des trames formées de lignes ou de points ou des poncifs, on a fait au préalable un positif de la planche combinée qui a été

ensuite transformée en négatif. D'autre part, les poncifs ont été fabriqués et utilisés au Japon à partir des échantillons fournis par l'IGNN.

(8) Tirage et correction des épreuves

Après la rédaction cartographique, des épreuves ont été tirées en surimpression à partir des planches superposées. Les épreuves ainsi obtenues ont été collationnées et confrontées aux originaux de la carte topographique et la concordance avec le tracé réalisé sur les planches correspondantes a été vérifiée de cette manière. Les erreurs et les discordances ont été ensuite corrigées, puis on a réalisé le tirage final des planches en surimpression.

3-11-6 Examen

La totalité des opérations ayant été réalisées, un tableau de contrôle de la précision a été établi après l'examen des tous les résultats.

3-12 IMPRESSION

3-12-1 Aperçu

L'impression de la carte topographique a été exécutée à l'offset à plat en 5 couleurs. Les couleurs utilisées sont celles définies par les spécifications établies par entente mutuelle avec l'IGNN. Avant de procéder à l'impression des exemplaires définitifs, un certain nombre d'épreuves ont été imprimées pour le contrôle contradictoire de l'équipe d'étude et de l'IGNN. La carte topographique définitive a été imprimée avec des clichés ainsi corrigés.

3-12-2 Exécution des clichés

A partir des plaques d'aluminium photosensibles exposées à plusieurs reprises avec différents négatifs des manuscrits de rédaction devant être imprimés en une couleur donnée, l'on a fabriqué des clichés destinés chacun à imprimer l'une des couleurs utilisées.

3-12-3 Epreuves

Des feuilles d'épreuve ont été imprimées à l'offset à plat avec des clichés réalisés à partir des originaux de la rédaction. Elles ont été passées au contrôle minutieux pour s'assurer des nuances des couleurs, de la jointure, des dimensions, de la qualité de la reproduction des traits, etc.

Les originaux de rédaction dont l'épreuve avait été jugée non conforme aux critères de qualité ont fait l'objet de correction et de nouveaux clichés ont été exécutés pour de nouvelles épreuves.

Le contrôle final des épreuves de la carte a été mené avec la participation du personnel de l'IGNN en visite au Japon, dont l'impression définitive a été faite avec son consentement.

3-12-4 Impression définitive de la carte

Elle a été réalisée à l'offset à plat avec des clichés corrigés.

Une presse offset à plat quadrichrome rapide, assistée par ordinateur a été utilisé pour l'impression, afin de prévenir des défauts de pointage.

3-12-5 Papier pour cartes géographiques

L'impression de la carte topographique a été faite sur un papier pour cartes géographiques de format 660 mm × 880 mm (72 g/m²) très solide et résistant au pliage répétitif, à la traction, à la lumière et capable de reproduire fidèlement les détails graphiques imprimés.

3-12-6 Négatifs pour exécution des clichés

Après la correction des originaux de la carte topographique de rédaction, suivant les observations faites des épreuves, de nouveaux négatifs globaux correspondants à chaque couleur pour l'exécution des clichés, ont été synthétisés en combinant ces originaux.

3-12-7 Contrôle

Le contrôle de qualité a été exhaustif à chaque étape de l'opération, telles que l'exécution des clichés, la correction de l'épreuve et l'impression. Au contrôle final, seuls les produits finis ne présentant aucun défaut ont été retenus.

4. CONSIDÉRATIONS

(1) La prise de vues aériennes a été effectuée dans des conditions météorologiques très favorables qui ont permis d'exécuter l'ensemble du programme couvrant les régions faisant l'objet de l'étude dans des délais très courts. Les résultats obtenus étant quasi parfaits, et les photos pouvaient être directement exploitées sous forme de contacts pour la détermination des points de contrôle, ce qui a sensiblement amélioré le rendement de travail.

(2) Le levé de géodésie spatiale ayant été programmé pour la période de début novembre à mi-décembre, l'opération a pu être menée sans être interrompue par des intempéries. Cependant, l'état en général de la voirie qui laissait beaucoup à désirer, sauf pour rares exceptions que sont les routes principales, les trajets pour la pose des points de repère ont pris dans certains tronçons beaucoup plus de temps qu'on ne le pensait.

L'observation des satellites GPS a été effectuée à l'aide de 4 récepteurs suivant la méthode de trilatération. Une partie de ces instruments sont tombés en panne à cause vraisemblablement de la température atmosphérique qui montait aux environs de 40 °C pendant les heures de l'observation GPS. Nous avons dû utiliser ces récepteurs à l'intérieur d'une voiture climatisée dont on se servait pour le déplacement du personnel et du matériel d'un point à l'autre, de sorte de les protéger contre la chaleur.

Malgré quelques difficultés inattendues dont la panne de récepteurs ci-dessus, l'ensemble des travaux programmés ont pu être achevés comme prévu, avec un résultat très satisfaisant. Etant donné leur très haute précision et l'existence des bornes permanentes, nous sommes sûrs que ces points seront d'une grande utilité pour les projets de développement à venir dans ces régions, en tant que points de référence.

(3) La carte de base devant être établie avec des courbes de niveau normales à des équidistances de 20 m, on a procédé à un nivellement ordinaire sur les routes principales de la zone à lever, afin de connaître, autant qu'il possible, l'altitude des points de contrôle de la zone pour les besoins de l'aérotriangulation. Vaste et plate et en grande partie sablonneuse, la topographie plutôt monotone n'a point facilité l'opération de piquage, mais en faisant le maximum, nous avons quand même pu achever les travaux prévus d'une manière satisfaisante.

Pour la détermination de la hauteur de la surface du géoïde, l'altitude des points de contrôle proches des routes de nivellement ordinaire a été vérifiée au moyen d'un nivellement direct. Le nivellement de second ordre a été effectué suivant la méthode Cholesky à l'aide de 2 niveaux à lunette simultanément.

Malgré le climat torride où la température dépassait le seuil de 40 °C en plein jour, les travaux ont été achevés comme prévu et avec un bon résultat satisfaisant.

(4) Les résidus sur les points géodésiques (en altitude), la discordance des points de passage et des points de fermeture de l'aérotriangulation étaient largement dans la limite admissible, grâce à la précision très élevée des données obtenues par le levé des points de contrôle, le nivellement et le piquage.

(5) Les cartes géographiques sont établies suivant un certain nombre de conventions. Il s'agit d'abord de déterminer les détails à représenter, la méthode de levé, l'échelle, la projection et la légende qui rassemble l'explication des autres conventions particulières. L'équipe d'étude s'est concertée avec les responsables concernés de l'IGNN sur ces conventions, préalablement à l'étude sur le terrain. La carte de base existante du Niger ayant été établie avec la coopération du gouvernement français, elle utilisait des conventions communément adoptées en Afrique-Occidentale. Cependant, suite au débat, il a été arrêté que l'IGNN adopterait de nouvelles conventions cartographiques mieux adaptées à la réalité nigérienne: un certain nombre de signes dont on n'a pas besoin au pays seront éliminés de la légende, par exemple, ceux des installations portuaires et des chemins de fer, au profit de la brousse dégénérée, des pistes d'animaux sauvages et quelques types d'arbres importants. Nous sommes sûrs que la décision prise pertinemment par l'IGNN contribuera à réaliser une carte de base du pays d'une grande utilité.

(6) Avant de procéder à l'étude sur le terrain, de façon à faire connaître aux membres de l'équipe d'étude et à leurs contreparties nigériens, cette décision de l'IGNN relative à la modification des conventions cartographiques, une réunion à laquelle tous les membres de l'équipe d'étude et le personnel de l'IGNN intéressé ont participé. Par la suite, par souci de standardisation de la méthode d'application de ces conventions, une étude préliminaire a été faite conjointement par l'ensemble de l'équipe d'étude et les géomètres de l'IGNN, pour confronter sur le terrain les signes utilisés avec les états des lieux. Cette étude a été fructueuse, car elle a montré que, sur le plan d'utilisation des symboles, il existait une certaine différence de compréhension qu'il fallait résoudre, entre les géomètres nigériens et japonais, par le fait que ces derniers n'étaient pas accoutumés ni au climat, ni à la culture du pays.

Pour le besoin de l'étude sur le terrain, l'équipe d'étude a été divisée en 4 ou 5 équipes, chacune accompagnée d'un géologue et d'un archiviste chargé de la collecte des documents. Malgré quelques difficultés d'application des conventions, à cause de la différence de leur interprétation entre les membres de l'équipe d'étude et le personnel de l'IGNN, toutes les équipes ont pu achever leur étude conformément au calendrier établi, en surmontant toutes les difficultés ci-dessus.

(7) Compte tenu du volume de travail important à effectuer, les opérations de restitution et de compilation ont été ventilées entre les 2^e et 3^e années de l'étude. Cependant, comme nous nous y sommes pris à l'avance pour éviter qu'on soit bousculé à la fin, l'ensemble du programme a été achevé sans problème et d'une manière satisfaisante.

(8) Dans le but du complètement, l'équipe d'étude a été divisée en 3 ou 4 équipes, chacune accompagnée d'une personne de la part de l'IGNN. Les équipes ont confronté les formes du relief et les phénomènes représentés sur les calques de compilation avec ce que l'on trouvait sur place. La vérification des limites administratives et des noms des lieux douteux a été faite en même temps par le personnel de l'IGNN qui les accompagnait.

Les plus grandes difficultés rencontrées au cours de cette opération de complètement étaient la saisie des noms des lieux et la détermination de leurs orthographes. Pour régler ces problèmes, il a fallu recourir à des spécialistes en la matière et examiner les différents aspects de la question avant de pouvoir les coucher sur le calque. La question ayant été tranchée rapidement, elle n'a apporté aucun retard dans l'exécution du programme.

(9) Parallèlement au complètement, l'équipe d'étude s'est concertée avec l'IGNN, concernant des aspects techniques, en examinant 5 types de feuilles-témoins de la carte, préparés au Japon et présentés comme base de discussion, dans l'intention de définir les spécifications de la rédaction et de l'impression. Au cours du débat ont été discutées de nombreuses questions, telles que les annotations, les noms de lieux, la méthode de représentation des limites administratives, les couleurs à utiliser, l'habillage, sans compter diverses questions de détail. Suite au débat, les spécifications ont été définitivement mises au point.

(10) L'opération de rédaction a été programmée pour les 3^e et 4^e années de l'étude. La qualité du travail fini a été très satisfaisante, grâce au contrôle sévère des épreuves, auquel ont participé des stagiaires envoyés par l'IGNN pour des stages individuels. Il est à noter que leur participation a été très utile au point de vue gestion de la précision.

(11) Avant de passer à la dernière étape de la cartographie qu'est l'impression, on a préparé des épreuves pour toutes les 36 feuilles constituant de la carte de base, pour un ultime contrôle afin de s'assurer de l'absence de défauts et erreurs, ainsi que de la conformité des nuances de couleurs avec les spécifications arrêtées. Les 2 personnes de l'IGNN qui étaient en stage individuel au Japon ont également participé à ce contrôle dont l'expérience leur a été très instructive. La qualité des feuilles de la carte imprimées s'est avérée remarquable.

(12) A travers les travaux d'intérieur et les travaux sur le terrain, nous avons tâché d'assurer, à l'intention des contreparties nigériennes, le transfert de technologie dans le domaine de la méthodologie aussi efficace que rationnelle, de la gestion de la conduite de différentes étapes à suivre et de celle de la précision. Nous croyons que son résultat a été tout à fait probant. D'autre part, les stages que nous avons organisés au Japon à chaque étape importante du projet, à l'intention du personnel de l'IGNN au nombre total de 6 personnes ont tous abouti à des résultats satisfaisants et contribué au bon déroulement de l'ensemble du projet.

(13) Comme produits de l'étude accomplie, l'équipe d'étude a fourni au Niger, la carte de base imprimée, les clichés des photos aériennes, un tableau des données obtenu par le levé des points de contrôle, celui de l'aérotriangulation, des négatifs pour la fabrication des clichés métalliques et des positifs, qui, chacun d'eux, pourra être utilisé à des fins diverses pour des projets à venir. Nous espérons qu'ils seront exploités pour longtemps et utilement par le Niger.

Nous tenons à rappeler que les données du levé des points de contrôle sont d'une très grande utilité, par le fait qu'elles sont extrêmement précises d'une part, et, qu'elles sont matérialisées du moins pour certains points, par des bornes permanentes. Quant aux photos aériennes au 1/60.000, non seulement elles permettront d'établir une carte à une plus grande échelle, mais aussi elles fournissent des informations géologiques superficielles de la zone photographiée, donc précieuses pour des études de l'environnement, entre autres.

Pour leur conservation, les tracés sur couche et les films pour l'exécution des clichés ont été classés méthodiquement suivant les feuilles de la carte auxquelles ils correspondaient, ce qui facilitera beaucoup la tâche des archivistes à l'avenir, au cas où l'on aurait besoin d'imprimer des exemplaires supplémentaires ou d'y apporter des modifications pour la mettre à jour.

(14) En dépit de nombreuses difficultés avec lesquelles l'équipe d'étude avait été confrontée, au cours de l'exécution du projet, notamment en ce qui concerne les travaux sur le terrain, l'équipe d'étude a pu poursuivre ses tâches, grâce aux aides totales que l'IGNN a bien voulu lui prêter.

Nos interlocuteurs de l'IGNN nous ont habitués à leur esprit de collaboration et de pragmatisme, qui nous ont permis, à maintes reprises, d'obtenir des renseignements dont nous avions besoin ou des réponses sur-le-champ dans une réunion tenue pour régler des problèmes techniques, car ils avaient souvent examiné les questions ou préparé les documents nécessaires, en devançant nos besoins. Leur collaboration, ainsi que l'appui que les autorités nigériennes ont bien voulu offrir au projet, nous ont été très chers, car ils nous ont beaucoup aidés dans l'exécution de nos tâches au Niger pendant nos séjours limités.

Nous terminerons ce rapport en remerciant toutes les personnes et les responsables qui nous ont rendu d'inestimables services dans le cadre du projet.

DOCUMENTS ANNEXES

Annexe 1	Programme de travail (version anglaise) intitulé "Scope of Work".....	(1)
Annexe 2	P.-V. de réunion lors de l'étude sur le terrain exécutée en 1ère année (au démarrage).....	(14)
2-1	Plan d'opération.....	(18)
Annexe 3	P.-V. de réunion lors des travaux sur le terrain exécutés en 1ère année (à la fin du levé des points de contrôle)	(37)
Annexe 4	P.-V. de réunion lors des travaux sur le terrain exécutés en 1ère année (à la fin des travaux).....	(41)
4-1	Compte rendu provisoire de l'avancement	(45)
Annexe 5	P.-V. de réunion lors des travaux sur le terrain exécutés en 2e année... ..	(55)
5-1	Plan d'opérations	(59)
5-2	Méthode et critères de l'étude.....	(71)
Annexe 6	P.-V. de réunion lors des travaux sur le terrain exécutés en 2e année (à la fin des travaux)	(80)
6-1	Compte rendu provisoire de l'avancement	(83)
6-2	Méthode et critères de l'étude.....	(88)
6-3	Règles d'application de signes conventionnels	(97)
6-4	Convention adoptée pour la représentation des noms de lieux.....	(111)
6-5	Mise en page des annotations en marge de la carte	(114)
6-6	Etude des annotations en marge de la carte.....	(116)
Annexe 7	P.-V. de réunion lors des travaux sur le terrain exécutés en 3e année... ..	(117)
7-1	Plan d'opérations	(121)
Annexe 8	P.-V. de réunion lors des travaux sur le terrain exécutés en 3e année (à la fin des travaux)	(132)
8-1	Compte rendu provisoire de l'avancement	(136)
8-1-1	Compte rendu de concertation relative aux feuilles-témoins de la carte.....	(140)
8-1-2	Règles des abréviations et des signes.....	(146)
8-2	Document relatif aux noms des lieux arrêtés.....	(147)

Annexe 1 Programme de travail (version anglaise) intitulé "Scope of Work"

PROGRAMME DE TRAVAIL
POUR
LA CARTOGRAPHIE DES REGIONS DU DJERMA GANDA
ET DES DALLOLS EN REPUBLIQUE
DU NIGER

ENTRE

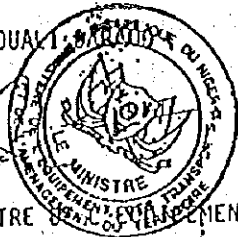
L'INSTITUT GEOGRAPHIQUE NATIONAL DU NIGER
(MINISTRE DE L'EQUIPEMENT, DES TRANSPORTS
ET DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE)

ET

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
(AGENCE JAPONAISE POUR LA COOPERATION INTERNATIONALE)

NIAMEY, LE 13 MARS 1992

M. LAOUALI



22 AVR. 1992
MINISTRE SUPERIEUR DE L'EQUIPEMENT, DES
TRANSPORTS ET DE L'AMENAGEMENT
DU TERRITOIRE.

H. TADAQ OCHI

土肥規男

CHEF DE L'EQUIPE D'ETUDE PREPARATOIRE
AGENCE JAPONAISE POUR LA COOPERATION
INTERNATIONALE (JICA)

I. INTRODUCTION

En réponse à la demande du Gouvernement de la République du Niger (ci-après dénommé "Niger"), le Gouvernement du Japon a décidé de réaliser les cartes topographiques des régions du Djerna Ganda et des Dallols (ci-après dénommé "l'Etude") conformément aux lois et règlements en vigueur au Japon.

Par conséquent, l'Agence Japonaise pour la Coopération Internationale (ci-après dénommée "JICA"), Agence Officielle de Coopération Technique du Gouvernement du Japon, se chargera de l'Etude, en étroite collaboration avec les Autorités compétentes du Gouvernement du Niger.

L'Institut Géographique National du Niger (ci-après dénommé "IGNN") doit jouer le rôle d'Agence homologue à l'équipe japonaise d'étude (ci-après dénommée "l'Equipe") et doit également agir en tant qu'organe coordonnateur en relation avec d'autres Organisations gouvernementales et non-gouvernementales concernées par la bonne mise en œuvre de l'Etude.

Le présent document établit le programme de travail concernant l'Etude.

II. OBJECTIF DE L'ETUDE

L'objectif de l'Etude est de préparer l'élaboration des cartes topographiques 1/50.000 couvrant une superficie approximative de 27.000 km² indiquée sur la carte ci-jointe (Annexe 1).

III. PROGRAMME D'ETUDE

Afin d'atteindre l'objectif sus-mentionné, l'Etude concernera les phases suivantes (les détails techniques se trouvent en Annexe 4).

.../...2

1. Prise de vue aérienne

Les photographies aériennes seront prises à une échelle approximative de 1/60.000.

2. Stéréopréparation

Les points de contrôle existants seront utilisés pour l'établissement de la carte topographique, la réalisation de points de contrôle temporaires sera effectuée, si nécessaire.

(1) Polygonation et géodésie par satellite

Des points de contrôle supplémentaires nécessaires à l'aérotriangulation et aux travaux de cartographie seront réalisés par méthode de polygonation et/ou par positionnement par satellite.

(2) Nivellement

Un nivellement doit être exécuté pour obtenir des points de contrôle verticale nécessaires à l'aérotriangulation et aux travaux de cartographie à partir de repères de nivellement existants.

3. Piquage

Le piquage des points de contrôle identifiés sur les photos aériennes sera fait sur le terrain.

4. Vérification sur le terrain

Les informations de la carte topographique relatives à l'occupation du sol, à la végétation, etc... seront vérifiées sur le terrain.

5. Aérotriangulation

L'aérotriangulation sera exécutée par la méthode analytique de compensation par bloc.

.../...3

8
6

6. Restitution

La restitution sera effectuée à l'échelle 1/50.000 en utilisant des instruments de restitution adaptés à cette échelle.

7. Photoidentification

La photoidentification devra s'appuyer sur la minute de restitution et les données de vérification de terrain.

8. Complètement

Les détails topographiques, la végétation, etc..., qui ne pourront pas être correctement identifiés au cours de la rédaction, seront vérifiés sur le terrain et restitués sur la feuille de rédaction.

Les limites administratives et les noms géographiques des lieux seront vérifiés et indiqués sur la copie de la feuille de rédaction par l'IGNN.

9. Rédaction

S'appuyant sur la photoide, la rédaction devra se faire sur un support stable en polyester pour plusieurs planches de couleurs différentes. Le style de la carte et les signes devront être ceux adoptés par l'IGNN.

10. Impression

Les plaques d'impression devront être réalisées à partir de films négatifs à l'échelle 1/50.000 et l'impression devra être exécutée par méthode offset.

.../.../...

8
16

3

IV. PLAN D'EXECUTION DE L'ETUDE

La totalité du travail sera exécutée conformément au plan provisoire ci-joint (Annexe 2).

V. RAPPORTS ET RESULTAT FINAL

Un Rapport devra être présenté à l'IGNH par la JICA chaque année fiscale (d'Avril à Mars). Les documents mentionnés à l'Annexe 2 seront soumis à l'IGNH par le Gouvernement Japonais.

Toutes les cartes produites à la suite de l'étude, devront comporter sur le bas de la feuille, la mention suivante :

"Cette carte a été établie conjointement par l'Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA) et l'Institut Géographique National du Niger (IGNH) dans le cadre du Programme de Coopération Technique entre le Gouvernement du Japon et le Gouvernement du Niger".

VI. ENGAGEMENT DU GOUVERNEMENT DU NIGER

1. Afin de faciliter la bonne conduite de l'Etude, le Gouvernement du Niger prendra les mesures suivantes pour l'équipe et la Société chargée de la prise de vue aérienne :

(1) garantir leur sécurité ;

(2) leur permettre d'entrer, de sortir et de séjourner au Niger pendant la durée de l'Etude, sans avoir à payer des frais d'enregistrement pour Etrangers ou des taxes consulaires ;

(3) les exempter des taxes, droits et autres frais sur le matériel topographique et de bureau tels que les instruments et autres matériels transportés au Niger pour l'exécution de l'Etude.

(4) les exempter de toute taxe et impôts sur les rémunérations et indemnités qui leur seront versés dans le cadre de leurs prestations relatives à l'exécution de l'Etude.

.....5

8
6

(36)

(5)

(5) leur assurer les facilités nécessaires au versement ainsi qu'à l'utilisation des fonds entrés au Niger dans le cadre de l'exécution de l'Etude ;

(6) leur garantir l'autorisation de visiter tous les endroits dans le cadre de l'exécution de l'Etude ;

(7) autoriser l'Equipe d'emporter au Japon toutes les données et documents nécessaires, y compris les négatifs originaux de prises de vue aériennes relatifs à l'Etude.

(8) leur assurer les services médicaux en cas de besoin. Les frais y afférant seront à leur charge.

2. Le Gouvernement du Niger devra supporter les charges récurrentes à toutes réclamations à l'endroit des membres de l'Equipe pouvant surgir au cours de l'accomplissement de cette Etude, à moins que ces réclamations ne proviennent d'une négligence ou d'une mauvaise conduite volontaire des membres de l'Equipe.

3. L'IGNN en rapport avec d'autres Organisations concernées par l'Etude, devra prendre pour l'Equipe et la Société chargée de la prise de vue, les dispositions suivantes :

(1) assurer les autorisations de survol pour la prise de vue aérienne et l'utilisation des aéroports pour l'exécution de l'Etude ;

(2) assurer les autorisations pour l'utilisation de moyens de communication comprenant des émetteurs récepteurs pouvant être utilisés en langue japonaise sur une fréquence appropriée.

(3) prendre les dispositions nécessaires pour le recrutement de main d'oeuvre et de gardiens pour la surveillance des campements.

4. L'IGNN devra assurer à l'Equipe ainsi qu'aux Organisations chargées de l'Etude les moyens suivants :

(1) des données et informations disponibles relatives à l'Etude :

3

.../...6

- (2) des homologues nigériens (agents de l'IGNN) ;
- (3) un Bureau confortable à Niamey, avec l'équipement nécessaire tels que meubles, téléphones, garages et magasins ;
- (4) des cartes de séjour aux membres de l'Equipe ;
- (5) le soutien administratif et technique ;
- (6) la permission de faire venir des véhicules du Japon et les facilités de recrutement des chauffeurs ;
- (7) les installations et places disponibles à l'IGNN pour le traitement des photographies aériennes.
- (8) des informations sur les limites administratives et les noms géographiques, sous son entière responsabilité ;
- (9) la nomenclature des feuilles au 1/50.000 au Niger.

VII. L'ENGAGEMENT DE LA JICA

Pour l'exécution de l'Etude, la JICA devra prendre les mesures suivantes :

1. la prise en charge de la répartition de l'Equipe au Niger pour la Prise de vue aérienne, la Stéréopréparation, le Piquage, la Vérification de terrain et le Complètement ;
2. la réalisation de l'Aérotriangulation, de la Restitution, de la Photoidentification, la Rédaction et l'Impression au Japon à ses propres frais.
3. la poursuite du transfert de technologie au personnel Nigérien au cours de l'Etude.

.....7

VIII. CONSULTATION

La JICA et l'IGNN devront se consulter pour tout problème qui se poserait au cours de l'Etude.

Le Programme de Travail est rédigé en Anglais et en Français. En cas de problème d'interprétation, la version anglaise doit prévaloir./.

4

2-
6

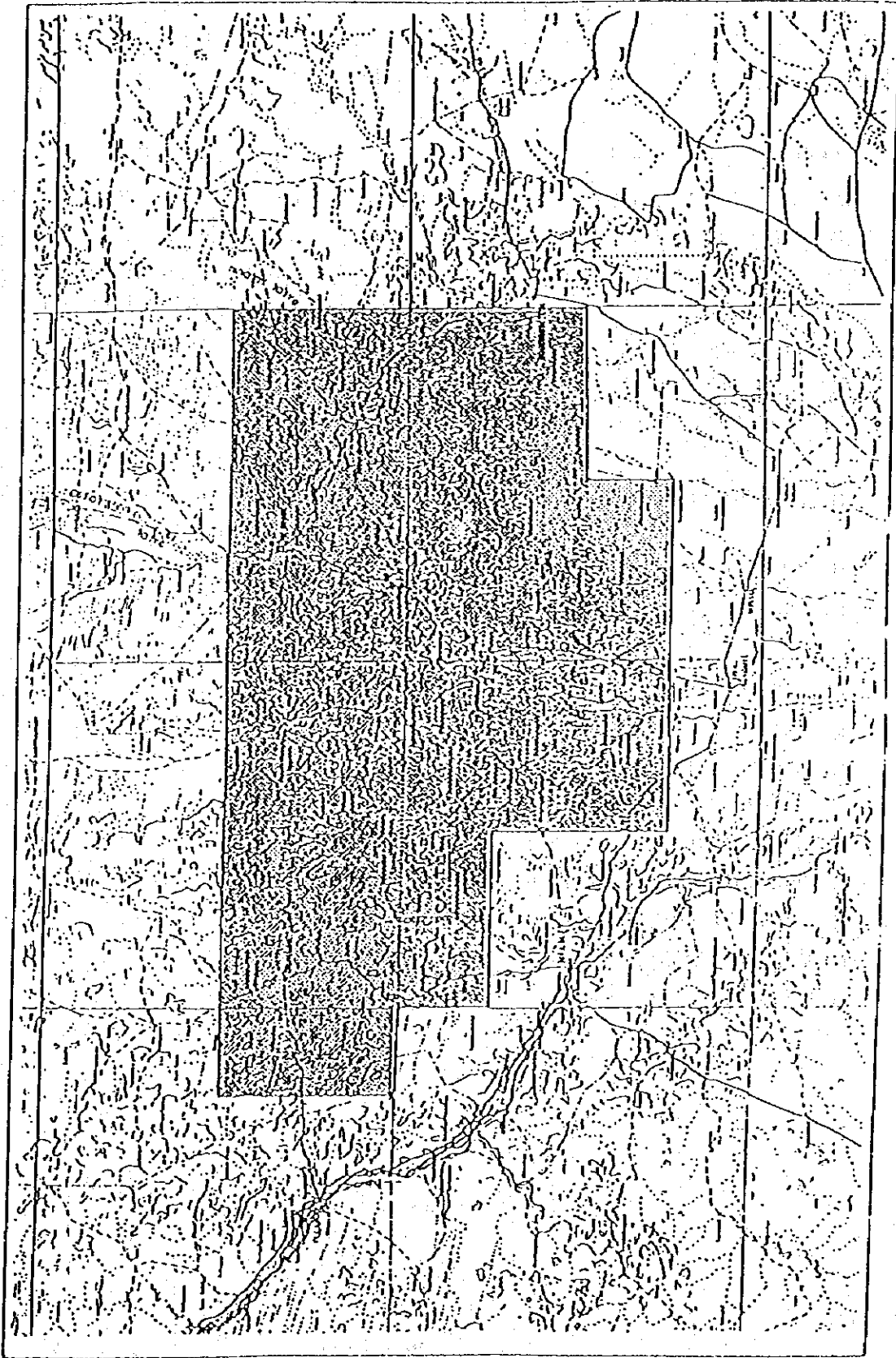
(39)

8

(8)

APPENDIX 1

MAPPING AREA



Handwritten mark resembling a stylized '3' or '7'.

Handwritten mark resembling a '4'.

Handwritten mark resembling '87'.

ANNEXE 1

LISTE DES PARTICIPANTS

Partie nigérienne :



- M. MAZIRI MAMAN LAHAL : Directeur de la Topographie
M. MAHAMAN LAMINOUCHE : Chef de Service de la Cartographie
M. ADAMOU HASSIMI : Chef Division de la Géodésie et du Nivellement,
Responsable de la Cartographie P.I.
Mme YACOUBA ABARTA : Responsable de Division de la Cartographie
M. AMANI MASSALABI : Responsable de Division du L^o.s-Lotissement
M. MOUSSA MAILLELE : Chef de Service de l'Administration et du
Financier
M. ADAMOU OUBA : Géodésien stagiaire, Adjoint Chef de Division
de la Géodésie et du Nivellement
M. AHAFI ALI : Division de la Photogrammétrie
M. IRO ABDOUL'RAHAMANE : Géomètre (Photogramètre).

Partie japonaise :

- M. TADAÔ DOHI, Chef de la Mission
M. MASARU KATZU, membre
M. HANABU MASUO, membre
M. SYUICHI OKUYAMA, membre
M. SHINICHI SAKAGUCHI, membre
M. SYOJI HASHIZUME, membre
M. MASA AKI YAMADA, membre
M. HIROAKI IROUE, membre.

Planning d'exécution du projet

	1er année fiscale			2ème année fiscale			3ème année fiscale			4ème année fiscale						
	4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10	1
Photogrammétrie aérienne																
Observation in situ de contrôle																
Nivellement																
Figurage																
Vérification de terrain																
Administratation																
Restitution																
Photo interprétation																
Calculatament																
Relatuer																
Impression																

 : Travail exécuté au Niger
 : Travail exécuté au Japon.

ANNEXE 3

DOCUMENTS FINAUX A FOURNIR

1. Photographie aérienne
 - 1) Négatif original du film (1 copie)
 - 2) Positif contact des photos (1 copie)
 - 3) Plan de vol de la prise de vue aérienne
2. Observation de point de contrôle
 - 1) Tableau des résultats finaux
 - 2) Configuration et itinéraire d'accès
 - 3) Fiches signalétiques des points de contrôle
 - 4) Notes de terrain.
3. Piquage
 - 1) Description du piquage
4. Aérotriangulation
 - 1) Tableau des résultats finaux
 - 2) Positifs de films
 - 3) Photographie de référence
 - 4) Schéma de l'aérotriangulation
5. Cartographie
 - 1) Originaux des manuscrits
 - 2) Planches séparées
 - 3) Négatifs des films combinés pour la reproduction
 - 4) Cartes imprimées (1000 copies de chaque feuille).

ANNEXE 4

PRINCIPALES SPECIFICATIONS TECHNIQUES

1. Photographie aérienne : caméra grand angulaire
2. Observation de point de contrôle : 10^{-5} (précision relative)
3. Nivellement
 - 1) Erreur limite pour le 2^e ordre (méthode Cholesky) : $5^{\text{mm}} \sqrt{S}$; S en kms
 - 2) Erreur limite du cheminement double $5^{\text{cm}} \sqrt{S}$; S en kms
2. Cartographie
 - 1) Projection UTM
 - 2) Format de la feuille : 15' X 15' en latitude et en longitude
 - 3) Equidistance des courbes : 20m.
4. Nombre de couleurs : 5 couleurs
5. Précision de la carte
Sera appliquée, la classe "A" des "Spécifications des travaux géodésiques et photogrammétriques d'Outre Mer" de la JICA.