

Travaux effectués par l'Institut Géographique National de France.

par
M. Gory

(Pls. XX XIII – XXXVIII)

I – Avant-propos

Du 9 au 30 décembre 1969, une mission de l'Institut Géographique National de Paris, constituée de MM. Philippe Hottier, Ingénieur Géographe, chef de mission, Maurice Gory, Géomètre, et Michel Cabane, photographe, a effectué le relevé photogrammétrique d'une vingtaine de tombeaux et monuments et la prise de vue panoramique de la paroi orientale du Jabal El Khubthah, à Pétra. Cette mission opérait dans le cadre du contrat C.L.T. 33 477 signé entre l'UNESCO et l'I.G.N. le 15 octobre 1969. Elle était accompagnée de M. Youssef Alami, Architecte en chef du Département des Antiquités, ainsi que de M. Fawzi Zayadine, alors Inspecteur des Antiquités, et de l'abbé Jean Starcky, conseiller archéologique.

Du 21 mars au 9 avril 1973, je me rendais en congé en Jordanie. Sous les auspices de M. Alami, j'effectuais une reconnaissance poussée de la cuvette de Pétra et des autres sites du Parc National, en compagnie de M. Ghazi Bisheh, Inspecteur des Antiquités.

A mon retour à Amman, était évoqué avec M. F. Zayadine et M. Hussein Qandil, Inspecteurs des Antiquités, l'établissement d'une carte de la région de Pétra à partir d'une prise de vue aérienne qui

pourrait être confiée à l'escadrille de l'I.G.N. Cette carte devant être un outil de travail pour les archéologues et les épigraphistes aurait à répondre à certaines conditions qui feraient l'objet de discussions à venir.

II – Origine et constitution de la mission

Les conversations furent reprises, quelques mois plus tard, entre M. Pierre Lavergne, conseiller culturel, et MM. F. Zayadine et J. Starcky. Ce dernier, qui retournait à Paris, fut chargé de prendre contact avec le service de la Photogrammétrie de l'I.G.N., et un devis de travaux fut définitivement établi en janvier 1974.

Sur subvention du Ministère des Affaires Etrangères du Gouvernement Français (référence 30 C.T.S. du 30 Avril 1974) un ensemble de travaux concernant le site de Pétra était ainsi offert au «Department of Antiquities» du Royaume Hachémite de Jordanie et confié à l'I.G.N.

La première phase consistait en une prise de vue aérienne à l'échelle du 1:10 000 en noir et blanc, doublée d'une prise de vue en couleur, qui sera effectuée le 20 février 1974, par un avion photographe B.171 de l'I.G.N. opérant alors en Jordanie.

1. B. 17 – Avion de bombardement américain connu sous le nom de «Forteresse Volante» durant la seconde guerre mondiale à cause de sa puissance défensive de feu.

La seconde concernait les travaux de terrain nécessaires à l'exploitation de cette prise de vue. Par la note de service 2316 IGN/C du 29 juillet 1975, était décidé l'envoi d'une mission de deux spécialistes du Centre de Photogrammétrie Architecturale et Archéologique qui arriverait à Amman le 30 septembre et se composait de M. Gory Maurice, géomètre principal, chef de mission et de M. Charles Gabriel, géomètre principal.

III – La prise de vue aérienne (Pl. XXXIX)

Centrée sur la cuvette de Pétra, la prise de vue couvre largement le Parc National et s'étend sur une zone de 17 x 17 km environ, superficie que j'avais estimée nécessaire après étude des documents du "*Master Plan Of Petra National Park*".

Volant à 1500 mètres environ au-dessus du sol, c'est-à-dire à une altitude variant de 2 150 à 3 200 mètres au-dessus du niveau de la mer, l'appareil a pris, à l'aide de deux chambres 15 UAG de 152 mm de focale, 197 clichés à l'échelle moyenne du 1:10.000. Ces clichés du format 24 x 24 cm sont répartis en 11 bandes; ils ont un recouvrement longitudinal variant de 60 à 80%, qui permet un excellent examen stéréoscopique des «wadi» en terrain gréseux. Le recouvrement de bande à bande varie de 5 à 40%. Ce fort recouvrement (habituellement de 5 à 20%) a été demandé à cause de l'encaissement du Siq et de la verticalité des parois rocheuses portant le décor des façades funéraires creusées dans le roc.

Cette prise de vue, effectuée avec une émulsion panchromatique, a été doublée à l'aide d'une troisième chambre par une

prise de vue en couleur Ektachrome de qualité remarquable.

IV – Le programme des travaux à effectuer

Le premier travail qui serait commandé ultérieurement étant un photoplan à l'échelle du 1:10 000 de toute la zone couverte par les photographies, il était nécessaire d'équiper d'un certain nombre de points connus en planimétrie cette zone en vue de son exploitation par T.P.F.R. (Triangulation par Fentes Radiales).

Le second travail envisagé était une carte à l'échelle du 1:2 000 du site de Pétra lui-même et des zones riches en détails archéologiques dont la superficie globale était estimée, après la reconnaissance que j'avais effectuée en 1973, à 25 km²; 5 bandes de photographies couvrant 80 km² seraient donc à équiper de points déterminés en planimétrie et altimétrie pour un traitement par aérotriangulation.

Toute cette triangulation devait être rattachée au système cartographique jordanien dans la mesure du possible. Ces travaux terminés, nous effectuerions le précomplètement des photographies de concert avec les archéologues du Département des Antiquités et du C.N.R.S.² de France spécialisés en épigraphie nabatéenne.

Tout monument, tombeau, escalier, citerne, inscription,... antérieurement répertorié, ou découvert au cours de notre passage serait identifié et «piqué» sur les photographies. La toponymie devait également être enregistrée.

2. C.N.R.S.: Centre National de la Recherche Scientifique.

V – Préparation et mise en place de la mission

Avant le départ de France, M. G. Charles avait établi, à partir des photographies, un « croquis expédié » de la région de Pétra où étaient portés sommets et lignes de crêtes, « wadi » et thalwegs, routes et pistes, villages et constructions, ainsi que les limites des couples stéréoscopiques. Ce croquis a été la base de notre schéma de triangulation.

Le matériel technique expédié le 9 septembre et adressé au Service des Antiquités, était dédouané dans les plus brefs délais, et nous attendait à Amman.

M. G. Charles, parti le lundi 30 septembre au matin de Paris-Orly, arrivait par l'avion d'Air-France dans le courant de l'après-midi à l'aéroport de Beyrouth-Khaldé où il me retrouvait: la mission de prise de vues photogrammétriques sur le site du Nahr el Kalb, près de Beyrouth, que je venais d'effectuer pour la Direction des Antiquités du Liban s'était terminée le jour même. Quelques heures plus tard, un appareil de la M.E.A. nous déposait à l'aéroport d'Amman.

Le mardi 1er octobre au matin, présentation de la mission au Département des Antiquités. Malheureusement M. Y. Alami était en stage en Europe et le Dr. Zayadine avait dû partir brusquement la veille pour Beyrouth.

Le lendemain, afin d'obtenir les documents géodésiques nécessaires à notre triangulation, M.H. Qandil nous conduisait à Zarka, auprès du Military Survey Group, où nous fûmes reçus par le Capitaine Ali Mahmoud responsable de la géodésie.

Après exposition de notre travail et de nos besoins, nous pûmes consulter les

cartes, les schémas de triangulation et les répertoires des points géodésiques. Il nous fut toutefois impossible d'obtenir aussi bien les cartes que les coordonnées des points, le capitaine ne pouvant prendre sur lui la remise de documents sans demande officielle de la part du Département des Antiquités.

Une lettre écrite le lendemain et signée par le directeur de ce Département, M. Yacoub Oweis, était alors adressée au Brigadier Général Bassam Qaqish, chef du M.S.G. Les documents ne nous parviendront à Pétra que le 18 octobre, quelques jours après leur arrivée au Département.

Le jeudi 3, je retrouvais avec plaisir le M. F. Zayadine de retour de Beyrouth, et le départ pour Pétra était fixé au surlendemain. Nous quittions donc tous les trois Amman le samedi 5 octobre vers 12 h – le matériel étant parti le matin par pick-up – et en fin d'après midi arrivions sur le site où nous attendait M. Basim Rihani, Inspecteur des Antiquités. Le lendemain matin, ouverture des caisses, déballage et vérification du matériel, qui était intact. L'après-midi, reconnaissance du premier point à « stationner »: les travaux de terrain commençaient le sixième jour de notre séjour de six semaines en Jordanie.

VI – Travaux effectués par la mission

1 – Triangulation

18 points de relèvement et 18 points d'intersection, tous connus en X, Y et Z, ont été déterminés à partir de 2 points géodésiques retrouvés sur le terrain – sur les 8 communiqués par le M.G.S. – Les coordonnées de ces points étaient fournies dans le système Palestine Belt Grid.

Ces points de relèvement et d'intersection doivent servir à l'équipement des 5 bandes de photographies qui seront exploitées par aérotriangulation et à celui du montage par T.P.F.R. de toute la couverture aérienne. Pour cette dernière exploitation, le nivellement, c'est-à-dire le calcul de l'altitude, n'était pas nécessaire, mais il a servi de contrôle au calcul planimétrique des points déterminés par deux visées d'intersection seulement.

Nous avons utilisé un théodolite Wild NT2 pour la mesure des angles azimutaux et verticaux et un distancemètre Hewlett-Packard pour celle des distances.

Pour une petite zone dominant le Wadi Araba au Sud du Jabal Harun et qui était d'accès particulièrement difficile, le Département des Antiquités a pu obtenir l'aide de l'Armée de l'Air, qui a envoyé d'Amman un hélicoptère Alouette III pour une journée. Nous avons été déposés avec le matériel au sommet d'un massif et avons pu effectuer les travaux sans perte de temps d'accès et sans fatigue.

2 — Précomplètement planimétrique.

En compagnie du Dr. F. Zayadine, auteur de plusieurs études sur l'architecture pétréenne, près de 800 tombeaux ou détails archéologiques répertoriés par E.R. Brünnow et Alfred von Domaszewski dans le tome I de leur ouvrage "*Die Provincia Arabia*" (1904), et par Gustaf Dalman dans "*Petra und seine Felsheiligtümer*" (1908) et dans ses "*Neue Petra Forschungen*" (1912), ont été reconnus, identifiés et piqués sur les photographies.

Au cours de ce travail, ont été corrigées des erreurs qui affectaient ces travaux du

début du siècle quant à la situation planimétrique, la numérotation, la classification ou la dénomination de certains tombeaux.

Bientôt nous rejoignirent l'Abbé Jean Starcky et M. Josef Tadeuz Milik, directeur et maître de recherche au C.N.R.S.: environ 800 inscriptions nabatéennes déjà connues et 200 nouvelles, découvertes au cours de notre prospection du terrain, ont été identifiées et piquées sur les photographies.

Parcourant tous les «wadi» avec des Bédouins résidant sur le site, nous avons aussi récolté une ample moisson de dessins gravés sur les parois rocheuses ou sur le sol, de sépultures, de bétyles et de «néfesh»³, de traces de murs et de remparts, de sources, citernes, barrages, conduites d'adduction d'eau, gisements de silex taillés, ... Toutes ces identifications ont eu pour résultat des photographies criblées de trous d'aiguille dont l'identification présentera aux dessinateurs chargés de la mise au net de la carte archéologique au 1:2 000 des difficultés auxquelles il faudra penser dès la mise en route de la restitution photogrammétrique.

3 — Toponymie

Lors de nos déplacements sur le terrain, nous avons recueilli auprès des Bédouins et des habitants des quelques villages situés au bord des routes, les noms des sommets et des massifs montagneux, des plateaux, des «wadi» et des sources.

Les noms ont été enregistrés en caractères latins, puis écrits en arabe; cette écriture, faisant foi, servira, avec les articles de T. Canaan⁴, de base à toute transcription de la toponymie.

3. Néfesh: représentation de stèles funéraires.

4. *The Journal of the Palestine Oriental Society*, IX (1929), p. 136-218; X (1930), p. 178-180.

VII — Travaux consécutifs à la mission

1 — Triangulation

Le calcul effectué sur l'ordinateur I.B.M. 370/135 à l'aide du programme de calcul de triangulation de la Photogrammétrie a nécessité l'acquisition d'une documentation que je n'ai pu obtenir qu'au bout de longues et patientes recherches et dont voici la teneur:

1.1 — Le système de coordonnées utilisé pour les besoins civils:

Projection de Cassini.

L'origine du système de coordonnées locales (Palestine Belt Grid) est le point de triangulation de 1er ordre no 82'M près de Jérusalem et de Béthleem, dont les coordonnées géographiques sont:

$$\begin{aligned}\lambda &= 35^\circ 12' 43'' 490 \text{ E} \\ \phi &= 31^\circ 44' 02'' 749 \text{ N}\end{aligned}$$

et les coordonnées rectangulaires:

$$\begin{aligned}X &= 170 251, 555 \text{ m} \\ Y &= 126 867, 909 \text{ m}\end{aligned}$$

On a ajouté 1 000 000 m aux Y afin d'éviter des coordonnées négatives.

Facteur d'échelle $K_0 = 1,000$

Ellipsoïde Clarke 1880 (G.B.) propre à la Palestine.

$$\begin{aligned}a &= 6\,378\,300,790 \text{ m} \\ \alpha &= 1/293,466\,307\,656\end{aligned}$$

Système Palestine 1928 (Eastern Mediterranean Adjustment)

1.2 — Les deux systèmes de coordonnées utilisés pour les besoins militaires.

1.2.1. — Projection Transverse de Mercator.

Système de coordonnées rectangulaires locales (Palestine Transverse Mercator Grid) dont les paramètres sont identiques à ceux de Cassini (même origine du système de coordonnées).

Une table donne les corrections à apporter aux coordonnées pour passer du système civil au système militaire: légère correction des X, les Y n'étant pas modifiés.

1.2.2. — Projection Universelle Transverse de Mercator:

Deux fuseaux sont concernés:

$$\begin{aligned}\text{Fuseau 36} & - \text{méridien origine } 33^\circ \text{ E} \\ \text{'' } 37 & - \text{'' } 39^\circ \text{ E}\end{aligned}$$

Facteur d'échelle $K_0 = 0,9996$.

Ellipsoïde international 1909.

$$\begin{aligned}a &= 6\,378\,388 \text{ m} \\ \alpha &= 1/297\end{aligned}$$

Système Europe 50

1.3 — L'origine du nivellement

Pour tous ces systèmes, le nivellement est rattaché au niveau moyen de la mer à Gaza déterminé en avril 1922.

1.4 — Déroulement des opérations de calcul.

J'ai effectué les calculs en plusieurs fois, et en utilisant selon le volume de documentation en ma possession:

1.4.1. — La projection U T M, l'ellipsoïde de Clarke 1880 et les coordonnées

des deux points géodésiques fournies par le M.S.G. dans le premier système militaire.

1.4.2. — La projection U T M, l'ellipsoïde international de 1909 et les coordonnées de ces deux mêmes points dans le second système militaire.

La triangulation actuellement effectuée en Jordanie (en 1974) s'arrête sensiblement à l'alignement de la route Shaubak — Wadi Musa — Tayiba.

1.4.3. — Les coefficients d'une formule d'adaptation de degré 3 déterminés par le Bureau des Calculs de la Géodésie. Sur un échantillon de 32 points, les écarts varient de 7 à 50 cm en planimétrie.

1.4.4. — La transformation des coordonnées géographiques du dôme du Jabal Harun en coordonnées rectangulaires — projection U T M, ellipsoïde international 1909 — et également en coordonnées locales dans le premier système militaire.

1.4.5. — L'adaptation avec échelle libre des coordonnées du calcul 1-4-2 sur trois points: les deux points géodésiques et le dôme du Jabal Harun.

Le coefficient d'échelle est égal à 0,9996 9391 et la modification d'orientation atteint $0^{\circ} 00'03''$.

Les écarts en distance atteignent 23, 62 et 81 cm (sur le dôme).

1.4.6. — Calcul du nivellement:

Pour tous ces calculs a été utilisé un coefficient de niveau apparent que nous avons déterminé sur le terrain par visées réciproques aux deux extrémités de côtés mesurés au distancemètre.

J'ai augmenté de 1,00 mètre les cotes issues du calcul 1-4-2 pour qu'elles soient en accord avec celles de la documentation cartographique actuelle.

2 — Précomplètement planimétrique

Il reste à effectuer le collationnement des renseignements recueillis. On gardera telles quelles les inscriptions au crayon noir ou de couleur portées au dos des photographies sur le terrain, afin d'éviter les erreurs qui pourraient survenir lors d'un gommage malencontreux.

3 — Toponymie

Les cahiers de toponymie ont été laissés à M. F. Zayadine lors de notre départ d'Amman afin qu'il puisse les vérifier et corriger les erreurs. Actuellement, les noms font l'objet d'une mise au point tant pour leur exactitude que pour leur transcription.

VIII — Conclusion

Cette mission a duré six semaines, dont près de cinq passées sur le site, une bonne semaine représentant le temps nécessaire aux diverses formalités d'arrivée et de départ.

Les travaux se sont déroulés pendant la seconde partie du mois de Ramadan. Nous avons apprécié l'allongement notable de la journée de travail librement consenti par le chauffeur du véhicule mis à notre disposition, qui est souvent rentré chez lui à Wadi Musa lorsque le soleil était couché depuis longtemps. Avec plaisir, nous avons constaté que les leçons de conduite en tout terrain que nous lui avons données ont été mises en pratique avec succès...

Ils se sont déroulés aussi dans une bonne ambiance de compréhension et de sympathie: M. G. Charles qui ne parlait que quelques mots d'anglais et pas du tout l'arabe, a pu arriver à comprendre et à se faire comprendre par les Bédouins sans éprouver trop de difficultés pour demander et obtenir les renseignements utiles à l'accomplissement de sa tâche.

Des journées de travail commençant à 7 heures et se terminant la nuit venue, souvent harassantes, ont nécessité une certaine endurance de la part des différents personnels qui n'ont pas marchandé leur peine.

Cette collaboration à tous les niveaux et l'attirance exercée sur tous par la Cité rouge et rose au passé prestigieux, a donné des résultats très positifs. Mais cette coopération internationale ne portera tous ses fruits que par la réalisation des autres travaux prévus qui justifient ce premier effort: le photoplan au 1:10 000 et la carte archéologique au 1:2 000.

Maurice Gory
chef de la mission I.G.N. 1974

