

# Rôle de l'Ingénieur Topographe dans la construction d'une route

## Cas de la Rocade Méditerranéenne Tétouan-Jebha (MAROC)

ABDELLATIF JGOUNNI<sup>1</sup>, NADIR AFFIF<sup>2</sup>, AHMED SAHROURDI<sup>3</sup>

*1* Ministère de l'Équipement et des transports, Direction des Routes, Chef d'Aménagement de la Rocade Méditerranéenne Tétouan Jebha

*2-3* Assistance technique Nippon Koie-CID : *2*Ingénieur topographe – *3*Chef de lot 1

E-mail : [jgoun@yahoo.fr](mailto:jgoun@yahoo.fr)

**Résumé:** *la synthèse et l'analyse des quantités énormes des mesures manipulées nécessitent souvent l'introduction de méthodes techniques directes et parfois indirectes devant alimenter la conception des projets et en assurer la qualité de réalisation, la Topographie joue par ce fait un rôle primordial dans les constructions routières.*

*Pour l'aménagement de la Rocade Méditerranéenne Tétouan Jebha dont les travaux sont en cours, l'établissement du dossier de conception, s'est basé sur les méthodes indirectes par photogrammétrie appuyée sur l'aéro-triangulation pour le levé d'une superficie de 4000 ha environ, le projet de l'étude d'exécution s'est basé sur un levé direct au sol sur une superficie de 1800 ha. La réalisation de la polygonale a nécessité la réalisation de 800 bornes.*

*Les opérations topographiques dans l'exécution et le suivi des travaux occupent 33% de l'ensemble des contrôles, ce qui constitue la part prépondérante de ces contrôles.*

**Mots clés :** *IGT, Route, Rocade Méditerranéenne, Photogrammétrie, polygonale, levé direct, PAQ, Maroc,*

### **I / Introduction :**

Le développement que connaît le Maroc en terme de densification et modernisation de son infrastructure, nécessite un accompagnement technique de pointe qui passe par l'introduction de méthodes innovantes en terme de rendement, précision et qualité. Pour cela, la construction ou la mise à niveau de cette infrastructure lui a exigé l'intervention de plusieurs disciplines, dont la topographie qui est la base de toute conception ou réalisations. Ainsi l'Ingénieur Géomètre Topographe (IGT) a et doit regrouper constamment les compétences nécessaires pour une meilleure réponse en terme de qualité technique, de respect des délais, d'optimisation des coûts tout en intégrant une parfaite maîtrise des contraintes réglementaires et des principes de développement durable, propulsant ainsi la croissance de son monde en constante évolution.

### **II / Méthodes et Techniques de traitement des données et leur champs d'application**

#### **II-1/ Méthodes et Techniques de collecte des données**

La collecte des données ou tout simplement le levé topographique joue un rôle clé dans le développement de notre milieu physique. Nous avons besoin de levés et de cartes précis pour construire des routes, des maisons, des écoles, ainsi que pour localiser nos ressources naturelles et nos frontières.

Le levé topographique consiste à mesurer les terrains, la Terre et les éléments qui s'y trouvent. il détermine l'emplacement spatial de points. En bref, le levé nous permet de connaître l'emplacement exact des éléments existants et nous permet de planifier l'aménagement de nouveaux éléments, ou des nouvelles structures, comme des routes ou des immeubles, en les plaçant exactement là où nous voulons les placer.

Les technologies et les types de levés sont nombreux et peuvent être classés en deux catégories :

Les levés au sol par STATION TOTAL, GPS ... (Méthodes directes).

Les levés aéroportés par photogrammétrie, Lidar ... (Méthodes indirectes).

Le choix de la technique à utiliser est tributaire des critères suivants :

la précision recherchée : pré-étude grossière, lever expédié, régulier, catégories...

la nature du terrain : relief, masques, couvert, étendue, distance des points...

la densité requise des points du levé

disponibilité des points de rattachement

cahier des charges, du prix de revient du marché et des délais impartis.

Dans le domaine de la voirie il y a lieu de prendre en considération un autre critère déterminant qui est la nature des travaux à construire ;

Cas de construction neuve : (levé d'un grand étendu avec une précision convenable) dans ce cas l'utilisation de la photogrammétrie est très souhaité malgré qu'elle assez limité en terme précision (surtout en cas de terrain accidenté) ou le Système LIDAR qui devient de plus en plus avantageux.

Cas d'entretien ou récupération de chaussée existante : (levé très minutieux avec une bonne précision), ceci nécessite l'utilisation des méthodes de levé au sol (Station total ou GPS) qui donnent en générale une bonne précision mais reste limité en terme de rendement devant cet endicap le LIDAR devient de plus en plus le moyen le plus fiable surtout avec les progrès qu'il a connu en terme de précision.

Le tableau ci-dessous résume les caractéristiques de chaque méthodes :

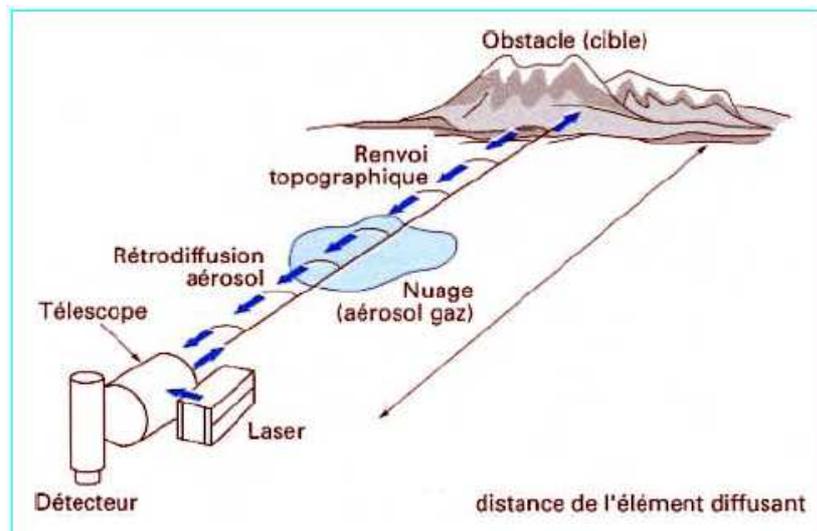
	PRECISION	RENDEMENT	DENSITE DES PTS
METHODES AU SOL STATION TOTAL	+++	5 HA/J	+
METHODES AU SOL GPS	++	10 HA/J	+
METHODES AEROPORTEES PHOTOGRAMMETRIE	+	10000 HA/J	++
METHODES AEROPORTEES LIDAR	++	10000 HA/J	+++

Affronté a tout ces paramètres l'ingénieur géomètre topographe a la responsabilité de choisir l'outil qui répond au mieux à la masse des données à collecter (Rendement), la précision requise et la disponibilité du rattachement.

Ainsi le Lidar s'annonce un outil très prometteur et efficace. Son fonctionnement est le même que celui du radar, la différence étant le domaine spectral dans lequel il travaille et le type de faisceau utilisé : alors que le radar fonctionne dans le domaine des ondes radio,

le lidar couvre en particulier le domaine du visible, et également les domaines ultraviolet (UV) et infrarouge (IR), d'autre part, le lidar utilise un faisceau laser, tandis que le radar utilise un faisceau électromagnétique classique, non polarisé.

Un lidar se compose d'un système laser chargé d'émettre l'onde lumineuse, d'un télescope qui récoltera l'onde rétrodiffusée par les particules rencontrées, et d'une chaîne de traitement qui quantifiera le signal reçu.



## Principe de la mesure Lidar

Le laser émet une onde lumineuse. Elle interagit avec les différents composants qu'elle rencontre. Une partie de cette onde est rétrodiffusée et collectée par le télescope. À partir de cette composante rétrodiffusée, on peut alors déduire des informations quant au diffuseur (sa concentration par exemple) et sa distance par rapport au système de mesure.

L'altimétrie par Laser scanner aéroporté est une technique topographique récente qui donne des résultats fiables, précis et rapides. Ce système est particulièrement adapté aux levés topographiques de zones étendues, difficiles d'accès (déserts, montagnes, grandes plaines...), complexes (milieu urbain) ou ayant un fort couvert végétal ou dans des zones où la rapidité d'acquisition est primordiale (côte marine...).

Il permet de réaliser des MNT, des MNS, ainsi que des profils en long et en travers de projets linéaires et de zones exploitées (mines, bassins versants, carrières, etc..)

Ce système compact est facilement transportable, rapidement opérationnel et reste utilisable dans des conditions climatiques difficiles. Il permet notamment de réaliser des levés topographiques de sites inadaptés aux travaux topographiques traditionnels ou photogrammétriques, à une cadence pouvant atteindre 10000ha/j avec une densité de 5 points par m<sup>2</sup>. La précision du semis de points bruts étant inférieure à  $\pm 5$ cm en relatif elle est estimée à moins de  $\pm 10$ cm en absolu.

Le principe de mesure repose sur la coordination de 3 instruments professionnels de mesure et de positionnement :

1-Deux récepteurs GPS bi-fréquence, l'un au sol, l'autre embarqué, permettent de calculer avec précision la trajectoire de l'aéronef.

2-une centrale inertielle fournit l'attitude de l'hélicoptère (roulis, tangage, lacet) et permet d'affiner la trajectoire, à une cadence de 200Hz.

3-un distance-mètre Laser à balayage mesure la distance entre l'avion et le point d'impact. Le Laser est équipé de l'option « Full WaveForm » permet d'identifier les différents obstacles rencontrés. Il fournit 240000 points par seconde avec un angle de balayage de 60°.

En plus de son efficacité dans les levés du terrain naturel il est très recommandé dans les travaux d'entretien des routes autoroute ou même chemin de fer vue sa capacité de diagnostique grâce à la densité des point qui peut offrir, en effet il pourra être utilisé pour :

Le diagnostique du degré de vieillissement d'une chaussée en détectant les devers affaissement, faïençage, nids de poules ... et d'estimer la quantité du reprofilage a prévoir.

La vérification de la conformité des dévers...

Sortir les lignes caractéristiques d'une chaussée existante et leurs profils en long (l'uni

Cet outil révolutionnaire promet d'amples contributions de l'IGT dans la conception et l'exécution des projets routiers et autoroutiers.

### **II-2/ Méthodes et Techniques innovantes pour l'exécution (autoguidage des engins)**

Certains secteurs industriels, notamment sur les chantiers de travaux routiers autoroutiers ferroviaires ou même portuaire, doivent optimiser l'exploitation d'engins lourds et couteaux. Pour travailler plus vite, sans rien concéder sur la sécurité, et tout en conservant la précision garante d'un « bon travail », le système de guidage automatique des engins par GPS ou Station Totale s'est imposé comme un nouvel outil particulièrement efficace. Obéissant au doigt et à l'œil, les machines équipées par ces systèmes comparent la réalité du terrain avec le projet théorique sur lequel elles travaillent, et agissent si nécessaire au millimètre près : les performances atteintes et les économies réalisées sont éloquentes...

ce système, qui demande une intervention très poussée de l'ingénieur topographe depuis son installation jusqu'à la mise en service, a donné un grand coup de pouce au avancement des chantiers routier ou autoroutier au Maroc.

### **III / Application : cas de la Rocade Méditerranéenne**

#### **III-1/ Contexte général du projet**

L'Aménagement de la ROCADE Méditerranéenne Jebha-Tétouan s'insère dans le cadre de la politique de développement du Nord que le gouvernement Marocain s'est fixé comme objectif prioritaire.

Cette route permettra de relier entre elles l'ensemble des agglomérations du littoral Nord qui sont presque enclavées, en raison de la qualité médiocre et l'insuffisance de l'infrastructure routière existante.

Des retombées significatives sur l'économie de la région sont attendues via la promotion directe des secteurs ci-après :

1. Secteur touristique : les sites d'estivages sont nombreux et pittoresques.
2. Secteur halieutique : L'infrastructure portuaire existante est très insuffisante.
3. Transport : Réduction du temps de parcours et de son coût ainsi que l'augmentation de la sécurité et du confort des usagers.

Social : Cette route permettra de désenclaver la population et contribuera au développement social

#### **III-2/ Rocade Méditerranéenne entre Tétouan et Jebha**

Cette route constitue le dernier maillon de la Rocade Méditerranéenne reliant Saidia à Tanger sur 550 km, et dont les sections de Saidia à Jebha et de Tétouan à Tanger sont achevées sur 430 Km (fig 1).



**fig 1 : plan de situation de la Rocade Méditerranéenne**

#### **III.2.1 Caractéristiques:**

D'une longueur de 120 Km, cette route relie Jebha à Tétouan sur 120 Km, cette liaison est subdivisée en deux lots :

Lot2 : Il relie Jebha à Oued Laou sur 74 Km.

Lot1 : Il relie Oued Laou à Tétouan sur 46 Km.

### III.2.2./Envergure des travaux

Les travaux de l'aménagement de la rocade Méditerranéenne connaissent une grande envergure quant aux volumes des travaux. Et ce compte tenu que le tracé de la rocade passe en flanc de montagne sur de profondes falaises ce qui se traduit par des volumes de terrassements importants, de même ce tracé plusieurs oueds de larges vallées et des chaâbas à forte pente.

La masse des travaux est comme suit :

- Le volume des terrassements
  - Déblais : 14 000 000 m<sup>3</sup>
  - Remblais : 4 000 000 m<sup>3</sup>
- Les ouvrages de franchissement (ponts) : :18 unités
- Les ouvrages hydrauliques : 596 unités (dalots et buses)
- Les ouvrages de confortement :
  - Murs Gabions : 34 unités
  - Murs Cantilevers : 35 unités
  - Remblais renforcés : 43 unités
  - Terre armée : 26 unités
- Chaussée : 650 000 m<sup>3</sup>

### III.2. 3./Eléments techniques:

Le projet de la Rocade Méditerranéenne entre Tétouan et Jebha prévoit une route de 2ème et 3ème catégorie d'après le classement de l'instruction marocaine des caractéristiques géométriques des routes en rase campagne.

Le projet prévoit un profil en travers constitué des éléments suivants (fig 2) :

- Largeur de chaussée : 7m
- Largeur des accotements : 2\*2,5m

la structure de chaussée est composée de : 20GNB + 25GNF1 + RSB

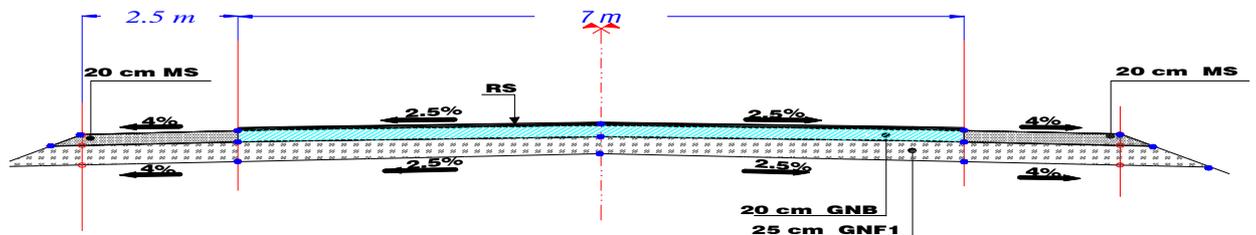


fig 2 : profil en travers type de la Rocade méditerranéenne

une 3<sup>ème</sup> voie est prévue quand la déclivité dépasse 8% pour assurer la fluidité du trafic le linéaire totale des sections à trois voies est de 11,50 km..

### III.2.4./Particularité topographique du site de la Rocade :

Le littoral entre Tétouan et Jebha à partir de Amsa est marqué par une côte à la falaise dominée par la bâtis montagneux rifain. La Méditerranée baigne les pieds de massifs culminant à plus de 1000 m ; près du rivage, les montagnes s'élèvent en pente raide pour atteindre rapidement les 500-700 m, puis la pente s'adoucit légèrement à l'arrière pays pour que les reliefs se redressent de nouveau au-delà de 1000m d'altitude. Ce relief abrupt est marqué par un grand nombre de vallées étroites séparées par des crêtes élevées, où les pentes ont des valeur rarement inférieur à 25° (fig 3) .



**fig 3 : photo et profil en travers type du versant au niveau d'Amter**

### **III.3/. Spécificités du chantier de construction de la Rocade Méditerranéenne entre Tétouan et Jebha**

Le chantier de la construction de la rocade Méditerranéenne entre Tétouan et Jebha présente entre autres les spécifications suivantes :

#### **III.3.1/. Plan assurance qualité (PAQ)**

Basée sur la norme ISO 8402, le plan d'Assurance Qualité peut être défini comme l'ensemble des actions pré établies et systématiques nécessaires pour donner la confiance appropriée en ce qu'un produit ou service satisfera des exigences données relatives à la qualité.

L'Assurance Qualité dans les travaux routiers devant couvrir l'ensemble des processus, c'est à dire tous les stades de la conception, les procédures d'appel d'offre, l'adjudication du marché, la réalisation des travaux et la période de maintenance.

La Direction des Routes a choisi pour la réalisation des travaux de la Rocade , la mise en place d'un système gestion de la qualité de niveau « C ».Une telle démarche place le Maroc à la pointe, concernant l'organisation fonctionnelle de la maîtrise d'œuvre pour la réalisation des travaux routiers de grande envergure.

Le Plan d'Assurance Qualité tel qu'exigé par la Direction des Routes, a pour but de :

- obtenir une qualité conforme au marché.
- optimiser l'organisation autant de la maîtrise d'œuvre, responsable du marché.
- responsabiliser les intervenants.
- exclure les improvisations sur le chantier autant de la maîtrise d'œuvre que de l'entreprise.
- établir un dialogue permanent entre les divers intervenants.
- éliminer le plus possible les arrêts dus à des anomalies ou à un manque de communication.

Et tout ceci, dans un esprit de partenariat entre les différents intervenants.

Le PAQ exige l'organisation du contrôle ci après (fig 4)

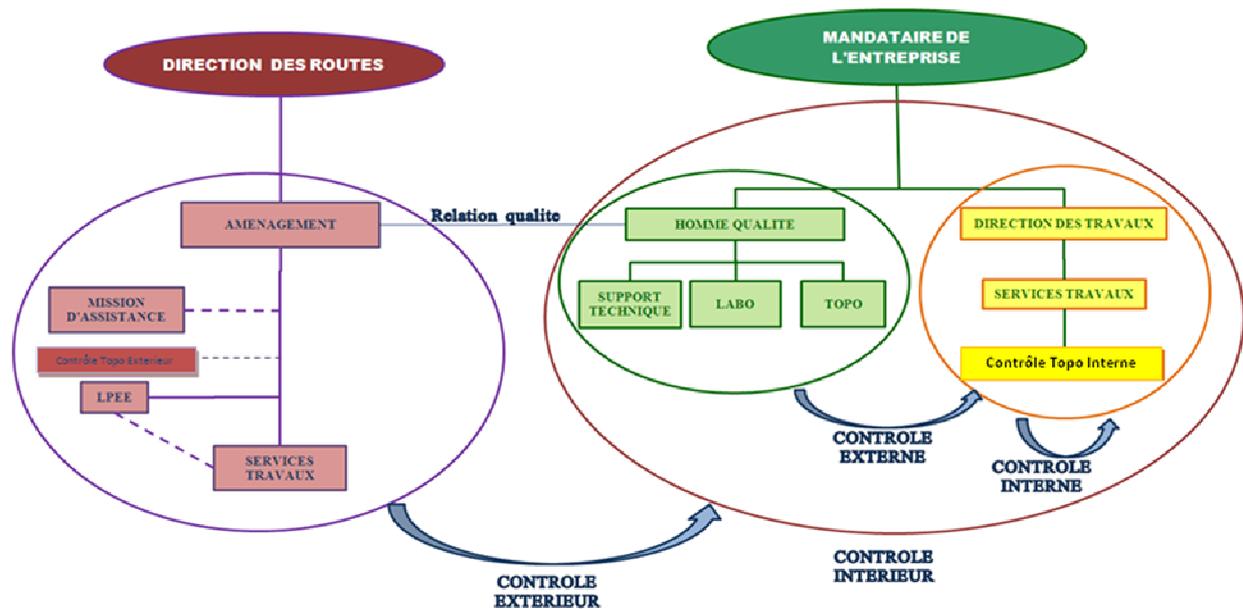


fig 4 : schéma d'organisation des contrôles qualité

### III.3.1/. Phases de la construction de la Rocade

dans la suite on présentera les principales phases où la topographie s'est imposée à savoir :

#### III.3.1.1/. Phase études post travaux :

##### A : Dossier de conception

L'étude de conception (équivalent à l'avant projet) a servi à l'établissement du dossier de consultation des entreprises sur la base duquel l'entreprise adjudicataire a établi contractuellement le dossier d'étude du projet d'exécution.

Compte tenu de l'étendue du projet de la rocade les compagnes de terrain seraient longues et coûteuse pour obtenir des informations géométriques. Le choix de la technique adoptée présentant l'avantage d'une couverture rapide et limitant l'ampleur de mesure de terrain sans toutefois les rendre obsolète est la méthode qualifiée indirecte qui s'apparente aux méthodes de télédétection qui est la photogrammétrie qui a consisté en la restitution d'un couloir de 300 m de largeur soit une superficie de 3600 HA.

Compte tenu du caractère montagneux de la région et pénurie des point géodésique et NGM l'intervention au sol était intense et le recours à une aéro-triangulation s'imposait.

L'aéro-triangulation est une extension des méthodes stéréo-restitution qui permet de restituer de façon globale un bloc de clichés tout en minimisant le nombre de points de calage à déterminer sur le terrain d'où on peut des zone possédant une faible densité des points géodésiques. Les points géodésiques disponible sur le site sont :

B2 et B3 au niveau de Bouhmed, B4 et B5 Jebha, B12 au niveau Oued Laou pour la planimétrie et les RNGM 5 et 6 à AZLA pour l'altimétrie (fig 5).



fig 5 : situation des bornes géodésiques de la polygonale

### **B : Enquête parcellaire**

Cette étude exclusivement topographique a été établie sur la base des plans de conception et a mené à l'établissement des plan parcellaire au 1/1000 et un état parcellaire qui ont permis la libération des emprises et la gestion des réseaux.

Le nombre des parcelles concernées est de 2000.

### **III.3.1.1/. Phase Etudes en cours des travaux :**

#### **A : Phase préparatoire du chantier**

Les marchés des travaux de la rocade Jebha-Tetouan prévoit une période de préparation durant laquelle les travaux topographiques ci-après doivent être effectués par l'entreprise adjudicataire des travaux :

- 1- Etablissement de la polygonale de base et de précision
- 2- Etablissement de la polygonale secondaire
- 3- Le levé du terrain naturel pour le projet d'exécution
- 4- Enquête parcellaire complémentaire en fonction du PE

Les opérations sus dessus sont primordiales pour la réalisation de l'étude du projet d'exécution qui à la charge de l'entreprise

#### **A1 : Polygonale de base et de précision :**

Cette polygonale a été établie en planimétrie par GPS mono fréquence et en altimétrie en nivellement de précision direct par un niveau numérique de précision.

Cette opération s'est heurtée aux difficultés citées ci- haut à savoir :

1. La pénurie de points de rattachement
2. La difficulté d'accès au terrain.

Le rattachement en altimétrie pour le tronçon reliant oued laou – Jebha ( 76 kms) a été recherché à partir de son PK :0+000( Oued Laou) sur 40 kms ( centre d'azla)

Pour les deux tronçons le nombre de bornes principales mises en place pour cette opération est de 200 bornes avec une moyenne de pas par km de 1,50 borne/km.

Dans une situation de terrain plat ce nombre n'aurait pas dépassé 1 borne/km et un nombre de pas moyen par kilomètre de 60 pas pour le nivellement

#### **A2: Etablissement de la polygonale secondaire**

La polygonale secondaire consiste en la densification de la polygonale de base par les mêmes procédés topographiques sus indiqués et a pour rôle de rapprocher les bornes à la zone des

travaux tout en assurant une inter visibilité entre les bornes de la polygonale secondaire et principale.

Cette opération a aboutit a la réalisation de 600 bornes

### **A3 :Le levé du terrain naturel pour le projet d'exécution**

Le levé du Terrain naturel a été réalisé par le biais de station totale sur une bande de 100 à 200 m de largeur soit l'emprise technique du tracé de dossier d'étude de conception augmenté de 25 m de part et d'autres. Le choix de cette bande a été fait dans le but de constituer une marge à l'intérieur de laquelle le tracé d'étude du projet d'exécution pourrait éventuellement évoluer.

### **B : Phase contrôle et suivi des travaux**

Le Système Plan d'Assurance Qualité impose l'établissement des procédures d'exécution qui décrivent la méthodologie, les moyens et les plans de contrôle pour la réalisation des différents travaux.

Les dits plans de contrôle définissent les différents points de contrôle :

Les points critiques : ce sont des points où le contrôle intérieur est obligatoire et le contrôle est facultatif

Les points d'arrêt: ce sont des points où les contrôles intérieur et extérieur sont obligatoires.

Les plan de contrôle correspondant aux différents travaux donnent le nombre d'interventions topographiques et le nombre total d'interventions de contrôles par type de travaux comme donné par le tableau ci dessous (tab 1):

désignation	Nombre de contrôles topographiques (1)	Nombre de tous les contrôles (2)	Pourcentage (1)/(2)
déblai	4	9	45%
remblai	3	12	25%
buses	5	15	33%
dalots	4	13	31%
Ouvrages d'art	9	33	34%
Murs Gabions	2	6	33%
Murs cantilevers	7	18	39%
Murs en terre armée	4	15	27%
Remblais renforcés	4	8	50%
chaussée	9	27	33%
<b>TOTAL</b>	<b>51</b>	<b>156</b>	<b>33%</b>

**Tab 1 : statistique des contrôles topographiques**

D'après ce tableau il apparaît que la part statistique des contrôles faisant appel à la topographie varient entre 25% et 50% de l'ensemble des contrôles de qualité avec une moyenne de 33%,

Ci après est donné à titre d'exemple le plan de contrôle des ouvrages d'art ainsi qu'un album photographique des travaux de la rocade Méditerranéenne reliant Tétouan à Jebha.

**PROCEDURE D'EXECUTION DES OUVRAGES D'ART (Rév 02)**  
**PLAN DE CONTRÔLE**

Opérations	Nature du contrôle	Fréquence des contrôles	Responsable contrôle	P.A ou P.C
1- Etude de formulation du béton	Essai	chaque formule	I.E. Ex	PA
2- Epreuves de convenueance du béton	Essai	chaque formule	I.E. Ex	PA
3- Implantation des bornes rapprochées	Topo.	chaque ouvrage	I.E. Ex	PA
4- Exécution des pieux forés	Voir procédure correspondante			
5- Exécution des fouilles				
* implantation	Topo	chaque fouille	I.E. Ex	PA
* fond de fouilles				
- Réception géotechnique	Visuel	chaque fouille	I.E. Ex	PA
- contrôle compactage	Essai	chaque fouille	I.E.	PC
* Coulage du gros béton ou béton de propreté.	Essai	chaque fouille	I.E.	PC
* Implantation sur le gros béton ou BP	Topo	chaque fouille	I.E. Ex	PA
6- Exécution des semelles				
* implantation	Topo	chaque semelle	I.E. Ex	PA
* réception du ferrailage coffrage.	Visuel	chaque semelle	I.E. Ex	PA
* coulage du béton				
- Slump	Essai	chaque toupie	I.E.	PC
- Résistance mécanique	Essai	1 prélèvement/semelle	I.E.	PC
7- Exécution des culées et des fûts				
* implantation	Topo	chaque élément	I.E. Ex	PA
* ferrailage et coffrage				
- ferrailage	Visuel	chaque élément	I.E. Ex	PA
- coffrage		chaque élément		
a - dimensions	Visuel + mesure	chaque élément	I.E.Ex	PA
b - verticalité	Topo		I.E.	PC
* bétonnage				
- Slump	Essai	chaque toupie	I.E.	PC
- Résistance mécanique	Essai	chaque coulage	I.E.	PC
8- Chevêtre				
* ferrailage	Visuel	chaque chevêtre	I.E Ex	PA
* coffrage	Topo	chaque chevêtre	I.E Ex	PA
*bétonnage				
- Slump	Essai	chaque toupie	I.E.	PC
- Résistance mécanique	Essai	chaque coulage	I.E.	PC
* réception topo. après coulage	Topo	chaque chevêtre	I.E Ex	PA
9- Exécution du remblaiement des fouilles	Essai	Idensité/couche	I.E.	PC
10- Exécution des bossages				
*coffrage et ferrailage	Visuel	chaque bossage	I.E Ex	PA
*coulage du micro béton	Essai	chaque coulage	I.E.	PC
*réception topo. des bossages	Top	chaque bossage	I.E Ex	PA
11- Exécution du tablier				
*entretoises				
*préfabrication des poutres et prédalles et leur pose, trottoirs, corniches, etc...				
* Ouvrages provisoires				
* hourdis				
12- Mise en œuvre étanchéité des tabliers	Procédure spécifique			
13- Mise en œuvre de la couche de roulement	Procédure spécifique			
14- Pose des joints de chaussée	Procédure spécifique			
15- Exécution du nivellement de l'O.A terminé	Topo	Chaque ouvrage	I.E Ex	P.A
16- Epreuve de chargement de l'O.A	Essai	Chaque Ouvrage	M.O	P.A



Travaux de déblai



Travaux de remblai de grande hauteur



Construction d'un ouvrage hydraulique de type dalot



Bétonnage de la dalle du pont sur oued Targha



Mur de confortement en terre armée



Ouvrage de confortement en remblai renforcé

#### IV. Conclusion

L'ingénieur Géomètre Topographe est au cœur des études et des travaux de construction routière quelle que soit la taille des chantiers. En effet la route dont la conception et la réalisation impactent directement la sécurité de ses usagers, dont l'IGT reste un acteur principal pour le respect de sa géométrie stricte et de sa qualité de construction. Toutefois, compte tenu de la complexité des ouvrages, et de l'évolution rapide des techniques, l'IGT doit être à l'affût des mutations et des innovations qui s'opèrent dans le domaine routier.

### **Bibliographie :**

- F. Bretar, N. Chehata. Génération de modèles numériques de terrain par fusion de données lidar et image. Traitement du Signal – Numéro spécial Télédétection pour la surveillance et la gestion de l'environnement, publication 2008
- F. Bretar, M. Pierrot-Deseilligny, M. Roux. Fusion LIDAR/photogrammétrie: une mise en cohérence globale. Reconnaissance de Formes et Intelligence Artificielle (RFIA). Toulouse, France, janvier 2004.
- Collectif. Atelier REGLIS: LiDAR et surfaces continentales: techniques, applications et perspectives. Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection, n° 186. Sous la dir. De C. Puech. 2007.
  - C. Mallet, F. Bretar. Le Lidar Topographique à Retour d'Onde Complète : État de l'art. Traitement du Signal, volume 24, n° 6, pp. 441-465, 2007.
  - C. Mallet, A. Chauve, F. Bretar. Analyse et traitement d'ondes lidar pour la cartographie et la reconnaissance de formes : Application au milieu urbain. Reconnaissance de Formes et Intelligence Artificielle (RFIA). Amiens, France, janvier 2008.
  - Cahiers des clauses techniques particulières (CCTP : Fascicules A, B, C, D et E).
  - Note d'Organisation générale et notes d'Organisation particulières (66 pages).
  - Procédures d'exécution (55 procédures).

### **Webographie :**

[www.mtpnet.gov.ma](http://www.mtpnet.gov.ma)

<http://media.baliz-geospatial.com/fr/articles>

<http://www.altoa.org/fr/lidar.html>

