

NOTE D'INFORMATION TECHNIQUE

TECHNIQUES DE LEVÉ DE CONTRÔLE DES TUNNELS APPLIQUÉES SUR LE PROJET « DÉDOUBLEMENT DE LA RN 01 ENTRE LA CHIFFA ET BERROUAGHIA SUR 53 KM »

SURVEYING TECHNIQUES FOR TUNNEL CONTROL APPLIED TO THE PROJECT “EXPANSION OF THE RN 01 BETWEEN CHIFFA AND BERROUAGHIA OVER 53 KM”

Réception : 23/12/2023

Acceptation : 30/01/2024

Publication : 13/06/2024

ZHONG Huaxiang¹, HE Xu ², LI Guangyun³

¹Ingénieur en travaux publics, Ingénieur en chef Responsable du projet de dédoublement de la RN01 entre la CHIFFA et BERROUAGHIA sur 53 KM CSCEC ALGÉRIE - Cité des 56 logements, Rue des frères CHIKIROUS, Staoueli, zhang_huaxiang@cscec.dz

²Ingénieur en travaux publics, Ingénieur en chef de la direction des travaux publics CSCEC ALGÉRIE -Cité des 56 logements, Rue des frères CHIKIROUS, Staoueli, he_xu@cscec.dz

³Ingénieur en travaux publics, responsable de la topographie CSCEC ALGÉRIE-Cité des 56 logements, Rue des frères CHIKIROUS, Staoueli, li_guangyun@cscec.dz

Résumé : Le levé de contrôle des tunnels autoroutiers a pour objectif de contrôler la précision de jonction du tunnel creusé à partir des deux extrémités. Au fur et à mesure du développement de la technologie GPS, le levé au sol avec GPS peut facilement répondre aux exigences réglementaires. Cependant, pour la polygonalement à l'intérieur du tunnel, en raison de la difficulté d'implantation des stations, des mauvaises conditions de visibilité et des difficultés de maintenance, l'établissement du canevas est plus exigeant. Par référence à nos pratiques sur les tunnels réalisés aux sections 1 et 2 du projet Dédoublement de la RN 01 entre la CHIFFA et BERROUAGHIA sur 53 KM, nous faisons une présentation détaillée sur les techniques de levé de contrôle utilisées pour les tunnels routiers de moyenne et grande longueur.

Mots - clés : tunnel routier, levé de contrôle, erreur de jonction

Abstract : The aim of control surveying for highway tunnels is to monitor the accuracy of the junction of the tunnel being excavated from both ends. As GPS technology has developed, ground surveying with GPS can easily meet regulatory requirements. However, for polygonation inside the tunnel, due to the challenges in setting up stations, poor visibility conditions, and maintenance difficulties, establishing the framework is more demanding. Referring to our practices on tunnels completed in sections 1 and 2 of the 'expansion of the RN01 between CHIFFA and BERROUAGHIA over 53 KM' project in Algeria, we provide a detailed presentation on the surveying control techniques used for medium and long road tunnels.

Keywords : Highway tunnels, control surveying, junction/misalignment error.

1- Aperçu du projet

Les tunnels T1 et T2 du projet Dédoublement de la RN 01 entre la CHIFFA et BERROUAGHIA sur 53 KM sont situés aux frontières des wilayas de Blida et de Médéa, au milieu des gorges de la Chiffa, dans un relief

accidenté, côtoyant une route nationale très fréquentée, ce qui constitue un environnement complexe pour les travaux. Le tunnel T1 se trouve au nord des gorges, sur un linéaire de 2385 m et le tunnel T2 se trouve au sud des gorges, sur un linéaire de 2432 m, la distance

longitudinale entre eux est de 57 m. Les tunnels T1 et T2 sont tous les deux conçus en deux tubes unidirectionnels, la distance entre le tube gauche et le tube droit est de 40 m. Les terrains au bout nord du tunnel T1 et au bout sud du tunnel T2 sont relativement ouverts pour que la longueur latérale de la polygonale d'accès au tube puisse atteindre 300 à 400 m, tandis que celle au bout sud du tunnel T1 et au bout nord du tunnel T2 est de 100 à 200 m puisqu'ils se trouvent dans un talweg rétréci. Le nombre de satellites pouvant y être observés est limité, ce qui donne l'impact sur la précision de l'angle d'azimut de la polygonale d'accès.

2-Mise en œuvre du levé de contrôle du tunnel

Le levé de contrôle du tunnel est constitué de deux parties : le levé au sol avec GPS à l'extérieur du tunnel et la polygonation à l'intérieur du tunnel. L'objectif est de contrôler la précision de jonction, de sorte que les cotes de l'axe à ce niveau rentrent dans la tolérance requise pour le profil en travers et le profil en long du tracé et que la jonction soit réalisée correctement tout en respectant les limites du tunnel.

2.1-Établissement du canevas

Contrairement aux tunnels réalisés dans les pays asiatiques, pour la mise en œuvre des tunnels en Algérie, il faut d'abord remblayer temporairement la crête du radier contre-voûté avec des déblais inutilisables, ce qui nécessite d'implanter à plusieurs reprises les points de contrôle pendant le levé, et par conséquent, multiplier le travail de levé et compromet éventuellement la stabilité des points de contrôle. Dans cette circonstance, si on adopte une boucle de cheminement principal et de cheminement auxiliaire ou un réseau de polygonation globale dans le tunnel, même si la précision de jonction peut être contrôlée, cela

prendra extrêmement beaucoup de temps et de main d'œuvre.

Un tunnel routier est généralement conçu en deux tubes séparés, avec des galeries transversales entre le tube gauche et le tube droit pour permettre la visibilité d'un tube à l'autre. Ainsi, quant à l'établissement du canevas, on ne prévoit qu'un cheminement auxiliaire pour chaque tube, la fermeture de cheminement des deux tubes se réalise par la mise en place des galeries transversales afin de faciliter le contrôle. Voir la Figure 1.

Le processus de l'exécution du tunnel est indiqué comme suit :

Excavation du tunnel → soutènement provisoire → 1^{ère} implantation des points de contrôle → abattage à trois stross → mise en œuvre du radier contre-voûté → remblaiement provisoire du radier contre-voûté → 2^{ème} implantation des points de contrôle → revêtement définitif → 3^{ème} implantation des points de contrôle → enlèvement des déblais inutilisables à la crête du radier contre-voûté → mise en œuvre du réseau multitubulaire et des fossés → remblaiement du radier contre-voûté avec GNT

Il y a 3 entrées et sorties dans les tunnels T1 et T2 où est implanté le canevas au sol. Il faut prévoir au moins trois points de contrôle à chaque entrée ou sortie pour permettre la vérification contradictoire. Les stations à l'intérieur du tunnel sont reliées au niveau de chaque galerie pour être soumis aux tests intégraux des tubes gauche et droit en formant une boucle fermée, ceci pour améliorer les conditions de contrôle et la faible résistance des polygonales auxiliaires et réduire l'erreur importante de direction. En outre, pour le réseau de polygonation disposé à l'intérieur du tunnel, ses côtés doivent être conçus en lignes droites et équilatérales autant que possible et la longueur de chaque côté de polygonale est comprise entre 250 et 350 m.

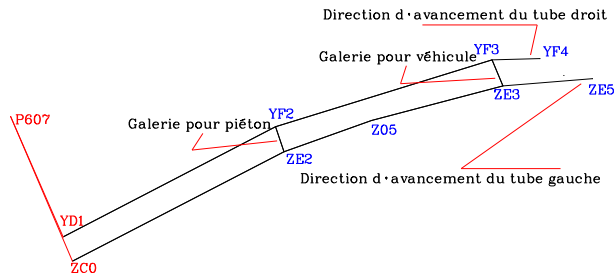


Figure 1 : Plan du cheminement à la sortie sud du tunnel T1

Figure 1 : Map of the path at the south exit of tunnel T1.

2.2- Levé de contrôle à l'extérieur du tunnel

Conformément aux « Normes de levé pour les travaux d'ingénierie » de la Chine (GB50026-2020), pour les tunnels routiers d'une longueur inférieure à 5 km, la 3^{ème} classe du réseau planimétrique GPS peut être choisie à l'extérieur du tunnel et la précision du côté le plus faible étant de 1/70 000.

Pendant le levé avec GPS, afin de garantir la précision de l'observation, le centrage et le niveau de l'appareil doivent être strictement maintenus, tout en évitant la perturbation éventuelle des interférences à proximité des stations tels que le reflet et les lignes à haute tension.

Les canevas GPS au niveau des tunnels T1 et T2 sont figurés comme suit :

Figure 2 : Carte GPS lors du creusement T1 et T2

Figure 2 : GPS Map during the excavation of T1 and T2

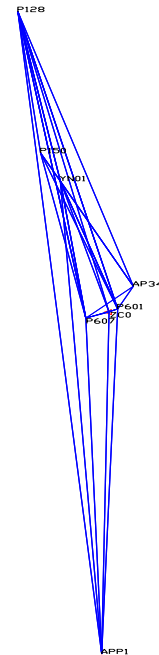
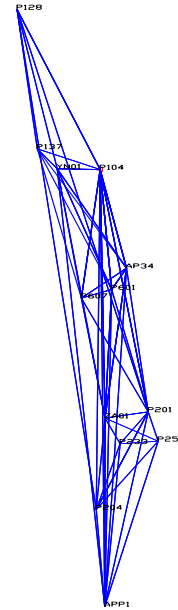


Figure 3 : Carte GPS à la fin du creusement T1

Figure 3 : GPS Map after the excavation of T1

2.3- Levé de contrôle à l'intérieur du tunnel

Au début de la construction du tunnel routier, les polygonales à l'intérieur du tunnel sont disposées sous la forme de cheminements auxiliaires. Lorsque la polygonale est approximativement considérée comme une forme de lignes droites équilatérales, on peut constater que l'erreur de longueur de côté affecte principalement la longueur d'excavation longitudinale, tandis que l'erreur de mesure d'angle est responsable de l'erreur transversale de la jonction.

Au fur et à mesure de l'avancement du creusement, les galeries pour piéton et pour véhicule sont progressivement ouvertes pour relier le tube gauche au tube droit en formant une boucle fermée et constituant un canevas intégral, de sorte à améliorer considérablement la précision des stations autour du front d'abatage.

Par rapport à la longueur des côtés des polygonales, la distance maximale entre les tubes gauche et droit est moins importante, la précision de mesure d'angle doit donc être assurée. Lors de la mise en place de la polygonation dans un tunnel, les exigences suivantes doivent être respectées :

- (1) Les observations doivent être effectuées dans des conditions favorables, à savoir notamment la bonne visibilité et le vent nul ou léger.
- (2) Lors de l'implantation des stations, on peut utiliser les rétroviseurs avant et arrière de la station totale pour constater si l'appareil est complètement centré et de niveau. Les prismes avant et arrière sont fixés sur un trépied avec une boule suspendue d'aplomb. Le rôle de cette boule est de vérifier si le centre du prisme est sur une ligne verticale avec le point d'observation pour contrôler la précision des angles horizontaux. Dans le même temps, une lampe de poche puissante

peut être utilisée pour améliorer l'éclairage et obtenir ainsi une image claire de la cible.

- (3) Lors de l'observation, des opérations d'arrosage, de dépoussiérage et de purge d'air peuvent être effectuées à l'avance dans le tunnel tout en évitant les mouvements ou vibrations des équipements à proximité de l'appareil.
- (4) Les travaux clés doivent être mesurés contradictoirement par des différents opérateurs et la valeur moyenne est prise après plusieurs mesures.

3- Estimation des erreurs de jonction

Lors de l'estimation des erreurs de jonction, étant donné que l'erreur longitudinale n'affecte que la longueur de l'axe du tunnel et nécessite uniquement de respecter la précision de l'axe, l'essentiel du levé à ce niveau est de contrôler la précision de jonction transversale. Généralement, le calcul de l'erreur de jonction transversale se fait en deux parties : la partie hors tunnel et la partie dans le tunnel.

3.1- Estimation de l'erreur de jonction transversale hors tunnel

Le rayon de courbure des tunnels routiers est généralement grand et l'erreur de jonction transversale provoquée par la mesure avec GPS à l'extérieur du tunnel est spécifiquement due à l'erreur des points de contrôles GPS à l'entrée et à la sortie et à l'erreur d'angle des lignes de base de polygonales d'accès ^[1]. L'erreur peut être calculée par la formule suivante (1) :

$$M_{\text{extérieur}}^2 = m_j^2 + m_c^2 + \left(\frac{L_j \cos \theta + m_{aj}}{\rho} \right)^2 + \left(\frac{L_c \cos \varphi + m_{ac}}{\rho} \right)^2 \quad (1)$$

Avec :

m_j et m_c : erreur quadratique moyenne des points de contrôle GPS à l'entrée et à la sortie

L_j et L_c : distance entre les points de contrôle GPS à l'entrée et à la sortie et la ligne de jonction

$m_{\alpha J}$ et $m_{\alpha C}$: erreur quadratique moyenne des lignes de base GPS à l'entrée et à la sortie

θ et φ : angle entre la ligne reliant les points de contrôle à l'entrée et à la sortie au centre de la ligne de jonction et la tangente de la ligne de jonction

Prenons comme exemple le tunnel T1. Selon le plan, L_J et L_C sont respectivement 1100,97 m et 1287,75 m, θ et φ sont respectivement 3,674° et 15,82°; dans le calcul, $m_{\alpha J}$ et $m_{\alpha C}$ peuvent être considérés comme l'erreur quadratique moyenne des points adjacents sur le canevas GPS. En prenant en compte le pire des cas, l'erreur quadratique moyenne relative des coordonnées Y de deux points adjacents du côté le plus faible du canevas GPS est considérée dans notre cas, soit 1,7 mm, et l'erreur quadratique moyenne de l'angle du côté le plus faible est considérée, soit 1.7". Les valeurs des erreurs quadratiques moyennes ci-dessus sont produites par le logiciel du canevas GPS, avec ρ égal 206265" (les valeurs suivantes de ρ sont les mêmes).

En substituant les valeurs connues dans la formule (1), nous avons le résultat suivant : $M_{\text{extérieur}} = 0.013856 \text{ m} = 13.856 \text{ mm}$

3.2- Estimation de l'erreur de jonction transversale dans le tunnel

L'erreur de jonction transversale est due à l'erreur de mesure d'angle et de mesure des côtés de la polygonale disposée à l'intérieur du tunnel. Cette erreur peut être calculée par la formule suivante (2) :

$$M_{\text{intérieur}}^2 = \left(\frac{m_\beta}{\rho}\right)^2 \sum R_x^2 + \left(\frac{m_l}{l}\right)^2 \sum d_y^2 \quad (2)$$

Avec :

m_β : erreur quadratique moyenne de mesure d'angle conçue pour le canevas

R_x : distance verticale de chaque point du canevas à la ligne de jonction

$\frac{m_l}{l}$: erreur quadratique moyenne relative du côté conçue pour le canevas

d_y : longueur projetée de la ligne reliant chaque point du canevas au point central géométrique de la ligne de jonction

Tableau 1 : Calcul des erreurs de jonction de la polygonation dans le tube (en m²)

Table 1 : Calculation of the misalignment errors of the polygonation within the tunnel (in m²).

N° du point	R_x^2	d_y^2
ZE2	817740.4041	8935.9209
ZO5	559580.2986	2872.96
ZE3	265443.4049	182.5201
ZE5	166591.3203	20.8849
ZE6	128994.469	206.7844
ZM7	41974.17538	134.0964
ZM6	151972.8866	8.7025
ZM4	458449.5139	7.5625
ZM3	597757.8299	79.5664
Σ	3188504.303	12448.9981

Conformément aux « Normes de levé pour les travaux d'ingénierie », la 4^{ème} classe est adoptée pour effectuer la planimétrie à l'intérieur du tunnel. L'erreur quadratique moyenne de mesure d'angle est de $\pm 2.5''$, l'erreur quadratique moyenne de mesure de distance est de 1/80 000, la distance entre les stations et la ligne de jonction se traduit en M, et à partir des résultats de calcul du tableau 1, on peut avoir :

$$M_{\text{intérieur}} = \sqrt{\left(\left(\frac{2.5}{206265}\right)^2 * 3188504.303 + \left(\frac{1}{80000}\right)^2 * 12448.998\right)}$$

$$= 21.687 \text{ mm}$$

L'erreur de jonction transversale est de :

$$M = \sqrt{M_{\text{extérieur}}^2 + M_{\text{intérieur}}^2} = 25.735 \text{ mm}$$

Selon les normes, l'erreur de jonction tolérée pour les tunnels d'une longueur inférieure à 4 km est de 100 mm, l'erreur quadratique moyenne de jonction transversale est de 25 mm pour le levé à l'extérieur du tunnel et 45 mm pour le levé à l'intérieur du tunnel. Ainsi, on peut constater qu'une mise en œuvre du levé de la jonction conformément au canevas conçu peut assurer la précision de la jonction exigée par les normes.

4- Analyse des erreurs de jonction et amélioration de la précision

Lors de l'analyse des erreurs de jonction transversale du tunnel T1, il est constaté que ces erreurs sont dues aux deux points principaux :

- (1) La ligne de base du cheminement d'accès à l'extrémité sud du T1 est trop courte, soit 109,56 m, ce qui a compromis la précision de l'angle d'entrée.
- (2) Les mauvaises conditions de mesure à l'intérieur du tunnel, la variation fréquente des points de contrôle et la forme adoptée du mono-réseau de polygonaion ont tous donné l'impact sur la précision de la polygonaion dans le tunnel.

4.1- Impact des lignes de base du cheminement d'accès plus courtes sur les erreurs de jonction

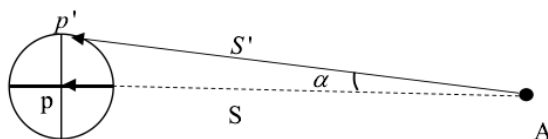


Figure 4 : Impact de l'erreur de point sur la mesure d'angle

Figure 4 : Impact of the point error on the angle measurement.

Comme le montre la figure 4, le point A est le point de mesure, le point P est le point réel de visée arrière et le point P' est le point réel de visée. L'erreur du point de visée arrière P peut alors être PP'. AP' est tangent au cercle. La valeur $\angle P'AP$ est α . Pendant l'observation, le chemin réel de transmission du signal est S' et le chemin idéal sans erreur d'alignement est S, on considère approximativement que $S=S'$. En prenant en compte le pire des cas, et puisque l'angle α est très petit, on peut avoir un résultat approximatif par la formule (3) :

$$\alpha = \tan \alpha = \frac{PP'}{S} * \rho \quad (3)$$

Si $S = 109.56\text{m}$, prenons l'erreur quadratique moyenne des deux points adjacents du côté le plus faible du canevas GPS comme l'erreur du point P, soit 1,7 mm, et deux fois de cette valeur, soit 3,4 mm comme l'erreur de point, alors $\alpha \approx 6.4''$. Étant donné que la 4^{ème} classe de la polygonaion à l'intérieur du tunnel exige que l'écart de fermeture d'angle soit compris entre $\pm 5\sqrt{n}$, et compte tenu du côté court et de l'environnement d'opération complexe à l'intérieur du tunnel, il est préférable d'élargir la tolérance de l'erreur de fermeture selon la 3^{ème} classe de polygonaion, qui est de $\pm 3,6\sqrt{n}$. Si le nombre de contrôle dans le tunnel est de 7, soit $n=7$, la tolérance de l'erreur de fermeture n'est comprise qu'entre $\pm 9.52''$. Il ressort de la formule (4) et des résultats d'estimation que plus la ligne de base du cheminement d'accès est courte, plus l'erreur de mesure de son angle est grande, ce qui est susceptible de faire en sorte que l'erreur de fermeture d'angle dans le tunnel dépasse les limites et affecte la jonction par conséquent.

L'influence de l'erreur de la longueur et de l'angle de la ligne de base du cheminement d'accès sur la précision de la jonction du tunnel peut être exprimée par la formule suivante (4) :

$$M_{\text{angle}}^2 = \left(M_{\alpha BA}^2 + \left(\frac{M_A}{S_{BA}} \right)^2 \right) * \frac{S_{BP}^2}{\rho^2} + \left(\frac{M_{SBA}}{S_{BA}} S_{\gamma BA} \right)^2 \quad (4)$$

Avec :

B = point de contrôle d'accès ZCO;

A = point de visée arrière P607;

P = point central géométrique de la ligne de jonction

$M_{\alpha BA}$: erreur quadratique moyenne d'angle du côté AB;

S_{BA} : longueur du côté AB;

S_{BP} : distance verticale entre le point d'accès B et la ligne de jonction;

M_A : erreur quadratique moyenne du point de visée arrière A;

M_{SBA} : erreur quadratique moyenne de mesure du côté AB;

$S_{\gamma BA}$: longueur projetée du côté AB sur la ligne de jonction.

Il ressort de la formule (4) que plus la ligne de base S_{BA} est courte, plus M_{angle} est grand, c'est-à-dire l'erreur de jonction est plus importante. Théoriquement, lorsque la ligne de base du cheminement d'accès S_{BA} est infinie, l'impact de l'erreur de mesure de côté et d'angle sur la précision de la jonction peut être réduit à zéro.

Étant donné que la jonction entre l'extrémité sud du tunnel T1 et l'extrémité nord du tunnel T2 se fait dans un talweg rétréci, les conditions objectives ne permettent pas d'augmenter la longueur des lignes de base d'accès en termes d'implantation du réseau. Il s'agit d'améliorer la précision des points de contrôle d'accès et la précision d'observation de la mesure des lignes de base d'accès pour réduire l'impact causé par le côté court. On utilise, pour le tunnel T1, la technique d'observation de 2^{ème} classe du canevas GPS pour effectuer le levé sur terrain afin que la précision du canevas réponde aux exigences de 3^{ème} classe. Après calcul d'ajustement, la précision du côté le plus faible de ZC0 à P601 est de 1/115 000, ce qui est légèrement inférieur par rapport aux «normes de levé pour les travaux d'ingénierie» qui exige que l'erreur quadratique moyenne relative du canevas de 2^{ème} classe soit inférieure ou égale à 1/120 000 pour autant, cette valeur de précision est bien supérieure à celle exigée pour la précision de l'erreur quadratique moyenne relative du côté le plus faible du canevas de 3^{ème} classe.

4.2- Analyse de la précision de polygonation à l'intérieur du tunnel

Vu la forme de l'implantation du canevas dans les tunnels T1 et T2, avant l'ouverture des galeries, le levé se fait sous la forme de cheminements auxiliaires, et après l'ouverture des galeries, l'ajustement global est effectué à l'aide d'un logiciel spécifique. Prenons comme exemple le tunnel T1, la comparaison des résultats des deux méthodes de calcul est présentée dans le tableau 2 ci-dessous.

Tableau 2 : Comparaison entre le résultat de l'ajustement global et le résultat de calcul des polygones auxiliaires (en mètre)

Table 2 : Comparison between the result of the global adjustment and the calculation result of auxiliary polygons (in meters)

Position des points d'appui	Résultat de l'ajustement global			Résultat de calcul des polygones auxiliaires		Écart	
	Point	X	Y	X	Y	ΔX	ΔY
Points connus à l'entrée	P607	4026556.623	478482.107	4026556.623	478482.107		
	YD1	4026648.148	478691.602	4026648.148	478691.602		
	ZC0	4026664.371	478733.715	4026664.371	478733.715		
Tube gauche	ZE2	4027032.179	478543.904	4027032.167	478543.884	-0.012	-0.019
	Z05	4027184.312	478489.672	4027184.296	478489.642	-0.015	-0.030
	ZE3	4027412.834	478429.683	4027412.814	478429.632	-0.020	-0.051
	ZE5	4027518.723	478411.565	4027518.701	478411.505	-0.021	-0.060
	ZE6	4027568.383	478417.116	4027568.362	478417.052	-0.021	-0.064
Tube droit	YF2	4027017.460	478500.464	4027017.472	478500.482	0.011	0.018
	YF3	4027393.859	478384.462	4027393.877	478384.506	0.018	0.044
	YF4	4027477.158	478382.274	4027477.176	478382.324	0.018	0.050

Le tunnel T1 s'étend du nord au sud. Il ressort du tableau 4 que plus le front d'attaque est proche, plus l'écart de coordonnées Y de la station est grand, c'est-à-dire plus l'erreur de jonction transversale est importante. Par conséquent, afin de garantir la précision des polygones dans le tunnel, il est nécessaire de créer autant que possible de bonnes conditions d'observation et, en même temps, d'ouvrir les galeries en temps opportun pour favoriser la fermeture de cheminement.

4.3- Résultat du levé de la jonction

Lorsqu'on est engagé dans les travaux de tunnel routier, pour renforcer l'effet de marque de l'entreprise, souvent, on fait tout pour améliorer la précision du canevas lors de la préparation du plan de levé et de réduire l'erreur de point des polygones dans le tunnel, de sorte à augmenter la précision de la jonction transversale. Pour ce faire, il y a lieu de définir une nouvelle valeur de tolérance pour l'erreur quadratique moyenne de la jonction transversale, qui est généralement la moitié de la valeur spécifiée, soit 25 mm dans notre cas.

Selon les résultats du levé sur terrain après la jonction, les erreurs de jonction du tunnel T1 sont indiquées dans le tableau 3 ci-dessous :

Tableau 3 : Erreurs de jonction mesurées sur le terrain du T1 (en millimètre)

Table 3 : Misalignment errors measured on the field of T1 (in millimeters)

Partie	Transversale	Longitudinale
Tube gauche	5	20
Tube droit	10	14

Il ressort du tableau 3 que les erreurs de jonction transversale des tubes gauche et droit du tunnel T1 sont tous inférieures à 25 mm, qui sont dans les limites de la tolérance définie.

Il est constaté que dans certaines circonstances, avec surclassement de l'observation du réseau GPS à l'extérieur du tunnel et en mettant en œuvre des tests intégraux de polygones des tubes gauche et droit dans le tunnel, les erreurs de jonction peuvent être conformes à la valeur de tolérance redéfinie, ce qui prouve que cette méthode d'implantation du canevas et de mise en œuvre du contrôle est adaptée aux procédés et aux exigences des travaux exécutés dans différents pays.

5- Conclusion

Lors de la mise en œuvre du levé topographique des tunnels, on rencontre souvent des conditions d'exécution complexes et des exigences techniques différentes.

Pour le tunnel T1 du Dédoublage de la RN01 entre la CHIFFA et BERROUAGHIA sur 53 KM de l'Algérie, la jonction a été réalisée avec une haute précision malgré les difficultés telles que le côté d'accès est court et les points de contrôle des polygonales dans le tunnel sont fréquemment décalés. Il est ainsi avéré que la méthode de levé de la jonction du tunnel présentée dans cet article est bien adaptable tant à l'intérieur qu'à l'extérieur du tunnel. Tout en garantissant la précision de la jonction, elle améliore en même temps la rentabilité de production, remporte une bonne réputation pour l'entreprise, et peut ainsi servir de référence pour les futurs travaux de tunnel en terme de levé.

Références bibliographiques

- (1) Wu Lianxiong, Xu Yiming et Liu Chenglong – Etablissement du canevas GPS et estimation des erreurs de jonction durant l'exécution du tunnel de Luofeng, Journal de Heilongjiang Institute of Technology, 2002.(4)36-38.
- (2) Wang Zhaoxiang – Levé topographique pour les travaux ferroviaires [M], Beijing; China Railway Publishing House, 2008 (281-282).