

*Des femmes, des hommes, des régions,* **nos ressources...**



# Instructions

## relatives au nivellement géométrique

Avril 2012

Ministère des Ressources naturelles et de la Faune



Québec 

## **Réalisation**

Ministère des Ressources naturelles et de la Faune  
Direction de la référence géodésique  
5700, 4<sup>e</sup> Avenue Ouest, bureau A-313.9  
Québec (Québec) G1H 6R1  
Téléphone : 418 627-6281  
Télécopieur : 418 646-9424  
Courriel : [information.geographique@mrfn.gouv.qc.ca](mailto:information.geographique@mrfn.gouv.qc.ca)  
Site Internet : [www.mrfn.gouv.qc.ca](http://www.mrfn.gouv.qc.ca)

## **Diffusion**

Cette publication est conçue pour une impression recto verso.

La reproduction des textes n'est autorisée qu'à des fins d'enseignement, avec mention de la source.

© Gouvernement du Québec, 2012  
Ministère des Ressources naturelles et de la Faune  
Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2012  
ISBN 978-2-550-64667-9 (pdf)

---

# Table des matières

<b>AVANT-PROPOS .....</b>	<b>III</b>
<b>1 INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
1.1 LE RÉSEAU ALTIMÉTRIQUE .....	1
1.2 DÉFINITIONS .....	1
<b>2 PLANIFICATION .....</b>	<b>3</b>
2.1 PLANIFICATION.....	3
2.2 CHOIX DU SITE .....	3
2.2.1 Assise .....	3
2.2.2 Accessibilité .....	4
2.2.3 Autres considérations.....	4
2.3 DOCUMENTS À PRÉPARER.....	4
2.4 AUTORISATIONS .....	5
2.5 DOCUMENTS À REMETTRE.....	5
2.6 MATÉRIALISATION .....	5
<b>3 ÉQUIPEMENTS.....</b>	<b>7</b>
3.1 TRAVAUX DE 2 <sup>E</sup> ORDRE .....	7
3.1.1 Niveau.....	7
3.1.2 Mires.....	7
3.2 TRAVAUX DE 3 <sup>E</sup> ORDRE .....	7
3.2.1 Niveau.....	7
3.2.2 Mires.....	8
3.3 ACCESSOIRES.....	8
3.4 CARNETS DE NOTES .....	8
3.4.1 Carnet traditionnel.....	8
3.4.2 Carnet électronique.....	8
3.5 VÉRIFICATION DES ÉQUIPEMENTS.....	8
3.5.1 Niveau.....	9
3.5.2 Mires et accessoires .....	9
<b>4 NIVELLEMENT DE 2<sup>E</sup> ORDRE .....</b>	<b>11</b>
4.1 GÉNÉRALITÉS .....	11
4.2 MODE OPÉRATOIRE .....	11
4.3 MÉTHODE DE LECTURE DES MIRES .....	13
4.4 FERMETURE DES CHEMINEMENTS.....	14
<b>5 NIVELLEMENT DE 3<sup>E</sup> ORDRE .....</b>	<b>17</b>

---

5.1	GÉNÉRALITÉS .....	17
5.2	MODE OPÉRATOIRE .....	17
5.3	MÉTHODE DE LECTURE DES MIRES .....	18
5.4	FERMETURE DES CHEMINEMENTS.....	19
<b>6</b>	<b>RAPPORT .....</b>	<b>21</b>
6.1	VALIDATION DES RÉSULTATS .....	21
6.2	FICHIERS INFORMATIQUES .....	21
6.3	COMPENSATION FINALE .....	21
6.4	RAPPORT FINAL.....	21
<b>ANNEXE A LECTURE DE MIRES DE 2<sup>E</sup> ORDRE : MÉTHODE CONVENTIONNELLE .....</b>		<b>23</b>
<b>ANNEXE B LECTURE DE MIRES DE 3<sup>E</sup> ORDRE : MÉTHODE DES TROIS FILS.....</b>		<b>25</b>
<b>ANNEXE C FORMAT DNG.....</b>		<b>27</b>
<b>ANNEXE D EXEMPLES DE SCHÉMAS DE NIVELLEMENT .....</b>		<b>29</b>

---

## Avant-propos

Les présentes instructions s'adressent principalement aux exécutants mandatés par la Direction de la référence géodésique (DRG) pour la détermination d'altitudes orthométriques par le nivellement géométrique. Tout mandataire d'autres organismes procédant à de tels travaux et désirant voir ses données intégrées au système d'information géodésique du Québec (GÉODEQ) devrait également se conformer à ces instructions. Le document peut aussi s'avérer utile à quiconque désirerait déterminer des altitudes par nivellement géométrique, étudier les méthodes existantes ou en développer de nouvelles.

Ces instructions ainsi que les méthodes proposées sont conçues pour les travaux de nivellement de 2<sup>e</sup> et de 3<sup>e</sup> ordres. Le lecteur qui désire plus d'information sur la structure altimétrique maintenue par la DRG est invité à lire le *Guide sur les référentiels géodésiques et altimétriques au Québec*.

Toute personne qui, en consultant les présentes instructions, y découvrirait des erreurs ou aurait des suggestions ou des commentaires à soumettre est invitée à communiquer avec la DRG.



---

# 1 Introduction

## 1.1 Le réseau altimétrique

La structure fondamentale du réseau altimétrique est constituée des repères de nivellement de 1<sup>er</sup> et de 2<sup>e</sup> ordres. Les repères de 3<sup>e</sup> ordre forment la première densification de la structure fondamentale. Le tableau 1 résume les principaux critères utilisés pour établir les réseaux de 2<sup>e</sup> et de 3<sup>e</sup> ordres.

Tableau 1 : Caractéristiques des structures

Caractéristiques	Territoire	2 <sup>e</sup> ordre	3 <sup>e</sup> ordre
Espacement entre les lignes	Urbain	4-8 km	1-2 km
	Semi-urbain	10-20 km	3-6 km
	Non développé	50-100 km	15-30 km
Espacement entre les repères	Urbain	0,5 km	0,5-1 km
	Semi-urbain	1 km	0,5 km
	Non développé	1-2 km	1-2 km

Une méthode simple de densification aurait été d'établir un standard quant à la quantité de repères de nivellement de tout ordre nécessaires en fonction d'un nombre de kilomètres carrés. Cependant, une telle méthode n'était pas possible compte tenu du territoire. L'établissement des repères s'est donc effectué en fonction des voies de communication, soit les routes existantes, le bord des lacs et des rivières ainsi que les chemins de fer. Il est donc normal de trouver plus de repères sur le territoire des grands centres urbains et le long des grands axes de communication.

## 1.2 Définitions

Plusieurs termes et expressions sont employés dans le cadre de l'implantation des repères de nivellement. Voici quelques définitions qu'il est utile de connaître.

Une ligne de nivellement correspond plus particulièrement à l'établissement du réseau altimétrique de base. Par exemple, la ligne du réseau primaire entre Québec et Trois-Rivières.

Un cheminement de nivellement s'effectue entre deux repères connus pour en vérifier l'altitude ou pour déterminer des altitudes sur de nouveaux repères situés entre ces deux repères connus.

Un polygone, ou une boucle, correspond à un cheminement ou à une ligne de nivellement où le repère de fermeture est le même que le repère de départ.

Une section est la distance ou l'espacement entre deux repères à établir, ou entre un repère d'appui et un autre à établir. Sa longueur maximum est de deux kilomètres. Pour les sections de plus de deux kilomètres, il faut utiliser des repères temporaires. Ces derniers limiteront les reprises dans le cas où le cheminement ne respecterait pas les critères de fermeture.

Un repère temporaire est une marque laissée sur un affleurement rocheux, sur la partie fixe d'une borne-fontaine, sur un boulon de lampadaire ou sur un autre endroit très stable. Ce repère permet de diviser une section de nivellement trop longue. Il est aussi utilisé lorsque la topographie exige un nombre élevé de mises en station, car s'il y a une erreur de fermeture, les sections à reprendre seront moins longues. En l'absence de telles marques, un tire-fond (clou de voie ferrée) sera enfoncé dans un poteau ou un piquet solidement ancré dans le sol. Il est important que les repères temporaires soient identifiés et implantés avant le prélèvement des observations pour éviter de ralentir inutilement l'équipe de nivellement.

Un cheminement simple correspond à une seule détermination de la dénivelée entre deux repères.

Un cheminement double, ou cheminement aller et retour, correspond à deux déterminations de la dénivelée entre deux repères.

Un cheminement en antenne est un cheminement dont une seule des extrémités est rattachée à un repère ou à une ligne de nivellement. Il doit toujours être exécuté par un cheminement double.

L'erreur de fermeture, ou fermeture de cheminement, est la différence obtenue, à la fin d'un cheminement, entre l'altitude mesurée et l'altitude publiée d'un repère d'appui.

L'écart aller et retour d'une section est la différence entre la dénivelée mesurée à l'aller et celle mesurée au retour entre deux repères consécutifs.



---

## **2 Planification**

### **2.1 Planification**

La planification est la première étape du projet. Elle consiste à définir les besoins et à recueillir les données les plus récentes sur la structure existante.

Une étude technique sur carte, à une échelle appropriée, permet de montrer l'emplacement approximatif des nouveaux repères de nivellement ainsi que les repères existants qui serviront de points d'appui ou qui nécessiteront un rattachement. Le cheminement théorique sera tracé sur la carte.

La reconnaissance sur le terrain permet de vérifier si le trajet du cheminement prévu est réalisable, si les sites choisis pour les nouveaux repères de nivellement respectent les caractéristiques demandées (section 2.2) et si les repères existants sont en bon état. S'il y a lieu, de nouveaux sites seront choisis ou des correctifs seront appliqués au tracé du nivellement à la suite de cette étape.

### **2.2 Choix du site**

Le site où sera implanté le nouveau repère de nivellement doit respecter les caractéristiques qui suivent.

#### **2.2.1 Assise**

Les assises naturelles ou artificielles – affleurements rocheux, blocs erratiques de grandes dimensions (plus de deux mètres cubes), fondations d'immeuble et culées de pont ou de viaduc, par exemple – sont à privilégier compte tenu de leur stabilité verticale. De plus, ces sites permettent de fixer horizontalement ou verticalement un médaillon avec queue d'ancrage. Dans le cas d'un mur de fondation, il faut s'assurer qu'il n'est pas construit en blocs de béton recouverts de crépi.

Des assises instables ou susceptibles d'être affectées par l'action du gel – trottoirs, bases d'escalier ou de lampadaire, bordures de rue, murets peu profonds, pierres de faibles dimensions et roches déplacées, par exemple – sont à proscrire.

Les propriétés du domaine public sont des lieux à privilégier pour l'implantation d'un repère. Si un repère doit être implanté sur une propriété privée, il faut obtenir les autorisations nécessaires et s'assurer qu'il sera accessible.

### **2.2.2 Accessibilité**

Le repère de nivellement doit être accessible en tout temps.

### **2.2.3 Autres considérations**

La sécurité de l'observateur est primordiale. Tous les sites retenus doivent en tenir compte. Il faut aussi s'assurer que la mise en station des mires y soit facile.

Il faut toujours vérifier que l'espace surplombant le repère est libre de tout obstacle sur une hauteur minimale de trois mètres. Cet espace est requis pour placer sans problème une mire de nivellement sur le repère.

Il faut localiser l'emplacement du nouveau repère avec le plus d'exactitude possible en y laissant des marques distinctives, par exemple une trace de peinture, qui guideront ultérieurement l'équipe qui procédera à la matérialisation du repère. Il est important de veiller à ce que ces marques ne soient pas permanentes et qu'elles n'endommagent pas la propriété.

Il est important de s'enquérir auprès de la municipalité ou du propriétaire du lieu de l'existence de projets de construction pouvant rendre le site inexploitable à brève échéance ou mettre en danger la pérennité même du repère.

## **2.3 Documents à préparer**

Un plan final montrant les sites retenus et tous les autres repères compris dans le projet doit être dressé sur un fond de carte à une échelle appropriée. Sur ce plan, tous les repères doivent être identifiés par leur matricule respectif.

Pour chaque nouveau repère, il faut rédiger une description en bonne et due forme (consulter le *Guide de rédaction du formulaire « Description d'un repère »* pour savoir comment faire).

## **2.4 Autorisations**

Lorsque des repères sont implantés sur des propriétés privées, le consentement du propriétaire ou de son représentant est requis. Si une entente écrite est nécessaire, il faut préparer la *Lettre d'entente relative à l'implantation d'un repère*. La DRG fournira un modèle de cette lettre.

En milieu urbain, le responsable du projet doit aviser les autorités municipales de son intention d'implanter des repères sur leur territoire et leur fournir un plan montrant les sites reconnus et les copies des descriptions des nouveaux repères. Des ententes devront être convenues entre les municipalités et la DRG avant de procéder à l'implantation des repères.

## **2.5 Documents à remettre**

Une fois la planification, l'inspection et le choix des sites terminés, les documents suivants sont remis à la DRG :

- les descriptions des nouveaux repères;
- les cartes montrant les nouveaux repères.

S'il s'agit d'un mandat de la DRG, les documents suivants sont nécessaires :

- les lettres d'entente avec les propriétaires privés concernés, s'il y a lieu;
- les documents attestant des autorisations ou des certifications obtenues pour l'implantation des repères.

## **2.6 Matérialisation**

La matérialisation des repères doit être faite conformément aux *Instructions relatives à la matérialisation de repères*.



---

## 3 Équipements

Une multitude d'appareils (niveau et mire) permettent de faire du nivellement géométrique pour un ordre spécifique. Plutôt que d'énumérer tous les types, la DRG se réfère aux informations fournies par le fabricant afin de répondre aux critères de précision requis.

### 3.1 Travaux de 2<sup>e</sup> ordre

#### 3.1.1 Niveau

Il faut utiliser un niveau optomécanique automatique de 1<sup>er</sup> ordre muni d'un micromètre avec lame à faces parallèles ou un niveau numérique de 1<sup>er</sup> ordre. Ces niveaux doivent avoir un écart-type de  $\pm 0,5$  mm pour un kilomètre de nivellement double avec des mires à ruban d'invar (ISO 17123-2 ou DIN 18723).

#### 3.1.2 Mires

Il faut utiliser deux mires identiques de trois mètres de longueur à ruban d'invar, livrées par paire, munies de nivelles de verticalité ajustables fixées en permanence et de poignées.

Pour le niveau optomécanique, des mires à double échelle décalée sont requises. L'intervalle entre deux graduations doit correspondre à un tour complet du micromètre du niveau utilisé.

Pour le niveau numérique, des mires à code-barres sont requises.

### 3.2 Travaux de 3<sup>e</sup> ordre

#### 3.2.1 Niveau

Il faut utiliser un niveau optomécanique automatique de 2<sup>e</sup> ordre ou un niveau numérique de 2<sup>e</sup> ordre. Ces niveaux doivent avoir un écart-type de  $\pm 1,5$  mm pour un kilomètre de nivellement double (ISO 17123-2 ou DIN 18723).

### **3.2.2 Mires**

Quel que soit le type de niveau utilisé, il est interdit d'utiliser des mires télescopiques.

Pour le niveau optomécanique, il est recommandé d'utiliser deux mires identiques de plus de deux mètres de longueur, rigides ou pliantes, à graduation en échiquier au centimètre et munies de nivelles de verticalité ajustables fixées en permanence et de poignées.

Pour le niveau numérique, il est recommandé d'utiliser deux mires identiques de plus de deux mètres de longueur, à code-barres et munies de nivelles de verticalité ajustables fixées en permanence et de poignées.

### **3.3 Accessoires**

Que ce soit pour un nivellement de 2<sup>e</sup> ou de 3<sup>e</sup> ordre, un trépied à pattes rigides est exigé. Des sabots de mire et, au besoin, une lame de transfert d'altitude (ciseau à repère) munie d'une nivelle d'horizontalité sont requis. La lame de transfert d'altitude est employée lorsque les repères de nivellement sont ancrés dans une paroi.

### **3.4 Carnets de notes**

#### **3.4.1 Carnet traditionnel**

Les inscriptions doivent être claires et l'information complète. Les calculs effectués sur le terrain devront être ultérieurement vérifiés et cochés; le vérificateur doit parapher chaque page.

#### **3.4.2 Carnet électronique**

L'emploi de tout logiciel de captage et de validation doit permettre de vérifier la qualité des fermetures de cheminement, de bien identifier les repères utilisés et de fournir les données dans un fichier en format « DNG » (section 6.2).

### **3.5 Vérification des équipements**

Le niveau utilisé doit être ajusté par le fabricant ou un représentant autorisé dans les douze mois précédant les travaux. Les mires à ruban d'invar doivent être étalonnées par un laboratoire

reconnu dans les 24 mois précédant les travaux. Les certificats de vérification et d'étalonnage doivent être joints au rapport final (section 6.4). De plus, l'équipement doit faire l'objet des vérifications périodiques ci-après décrites.

### **3.5.1 Niveau**

#### **La nivelle verticale**

Une vérification quotidienne de la nivelle circulaire est impérative; une nivelle mal ajustée entraîne une erreur systématique cumulative.

L'ajustement de la nivelle se fait comme suit. Il faut d'abord niveler l'instrument et tourner la lunette de 180°. Si la bulle se déplace de plus d'un millimètre, la nivelle doit être ajustée. Il faut ensuite éliminer la moitié du déplacement à l'aide des vis calantes et l'autre moitié au moyen des vis d'ajustement de la nivelle en suivant la procédure recommandée par le fabricant.

#### **Ajustement de la collimation**

La collimation doit être vérifiée quotidiennement au cours du projet de nivellement. Pour le réglage de la collimation, se référer au manuel d'instruction de l'instrument.

### **3.5.2 Mires et accessoires**

Il faut vérifier régulièrement la nivelle sphérique de la mire en plaçant la mire de profil et en vérifiant sa verticalité avec le fil vertical du réticule. Si la déviation est supérieure à 3 mm/m, la nivelle doit être ajustée.

La nivelle de la lame de transfert d'altitude (ciseau à repères) doit aussi être vérifiée régulièrement et ajustée au besoin. Il est important de noter qu'une seule lame de transfert d'altitude doit être utilisée dans un projet de nivellement.





---

## 4 Nivellement de 2<sup>e</sup> ordre

### 4.1 Généralités

Les travaux de nivellement géométrique de 2<sup>e</sup> ordre sont généralement exécutés pour la détermination de repères de nivellement. Les cheminements pourront s'effectuer en aller simple entre des repères d'appui d'ordre égal ou supérieur au(x) repère(s) à établir. Si les critères de fermeture ne sont pas respectés, il devra y avoir une reprise du cheminement et, le cas échéant, une continuité du nivellement sur un autre repère existant afin de déterminer lequel a bougé.

La détermination d'un nouveau repère par cheminement en antenne est permise, mais la procédure nécessite obligatoirement un nivellement de vérification du repère d'appui avec un autre repère connu d'ordre égal ou supérieur. Toutefois, lorsque cela est possible, le cheminement fermé doit être privilégié.

Enfin, la détermination de l'altitude d'un repère par un cheminement en antenne ne comportant qu'une seule station est strictement interdite.

### 4.2 Mode opératoire

#### Alternance des visées

Le calage du niveau doit toujours se faire dans des directions opposées sur les stations consécutives. L'instrument doit donc invariablement être calé avec la lunette pointée vers la même mire. En conséquence, à chaque station impaire, la première visée est un coup arrière, tandis qu'aux stations paires la première visée est un coup avant. Pour les niveaux optomécaniques et numériques, cette méthode est essentielle pour éliminer toute erreur de réglage du compensateur.

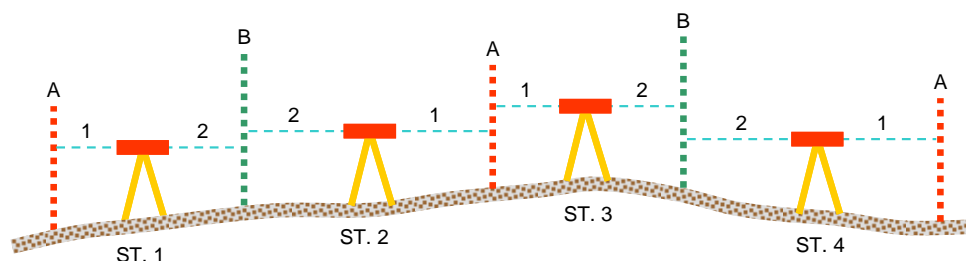


Figure 1 : Alternance des visées

### **Stations impaires**

Si le nombre de stations est impair, il faut utiliser la même mire pour les visées arrière et avant de la dernière station.

### **Nombre de stations**

Le nombre maximum de stations par section est de 20.

### **Cheminement double**

Lorsqu'un niveau optomécanique est utilisé, les trajets aller et retour d'une section doivent, dans la mesure du possible, être exécutés par des opérateurs différents.

### **Manipulation du niveau**

Le trépied et les sabots de mire doivent être fichés solidement dans un sol ferme et stable. L'asphalte est une surface à éviter.

Lorsque cela est possible, l'instrument et les deux mires doivent être alignés dans un même alignement pour contrer les mauvais ajustements de l'appareil.

Lors des observations, il faut :

- réduire au minimum le délai entre les visées arrière et avant;
- tourner légèrement la lunette dans le sens horaire puis dans le sens contraire immédiatement avant la lecture d'une mire pour atténuer les erreurs résiduelles du compensateur;
- éviter de modifier la mise au point de l'appareil, surtout lorsqu'un niveau optomécanique est utilisé, au cours des observations faites sur une station.

L'heure du début et de la fin de chaque section ainsi que la température (°C) sont notées.

Il n'est pas recommandé de faire des observations lors de journées de forts vents.

### **Visées rasantes**

Il faut éviter les visées qui rasant le sol. S'il est impossible de faire autrement, il faut s'assurer que le dégagement minimum au-dessus du sol pour les fils niveleurs est de 0,25 m.

## **Longueur des visées**

La longueur des visées ne doit pas excéder 70 m, quel que soit l'appareil de nivellement utilisé. Ces distances doivent être réduites lorsque les conditions de réfraction sont défavorables, comme lors de périodes chaudes, ensoleillées et sans vent.

## **Équilibrage des visées**

Pour chaque mise en station, la longueur de la visée arrière et celle de la visée avant doivent, dans la mesure du possible, être identiques. Dans une section donnée, la somme des écarts entre les visées arrière et avant ne devrait pas dépasser 10 m.

### **4.3 Méthode de lecture des mires**

La méthode qui suit est illustrée dans l'exemple donné à l'annexe A et elle ne s'applique qu'au niveau optomécanique. Pour le niveau numérique, il suffit d'enregistrer toutes les données directement sur la carte mémoire du niveau. Une seule lecture par mire est suffisante à chaque mise en station.

Dans cet exemple, les mires sont graduées au centimètre. Comme un seul fil stadimétrique est utilisé, les distances stadimétriques apparaissant dans le carnet ne représentent que la moitié de la distance réelle.

Dans un carnet conventionnel, il est important que le secrétaire écrive le numéro séquentiel de mise en station immédiatement avant d'inscrire les données. De cette manière, il réduit le risque d'inversion, dans le carnet, des visées arrière et avant faites en alternance.

Une page de carnet ne doit inclure qu'une seule section, même si cette dernière ne comporte qu'une station.

Les données météorologiques et les descriptions des repères temporaires sont inscrites dans la colonne « Remarques ».

#### **1- Première mire (visée arrière)**

- Lire le fil niveleur de la petite échelle à  $\pm 0,1$  mm. Inscrire en (A). Additionner la constante de la mire (B) pour obtenir (C).
- Reporter les quatre premiers chiffres de (A) dans la colonne « Stadia » (D).

- Lire le fil stadimétrique du bas de la petite échelle à  $\pm 1$  mm. Inscire en (E) et soustraire de (D) pour obtenir la distance stadimétrique (F). Note : Si la ligne de visée est trop basse, utiliser le fil du haut.
- Lire le fil niveleur de la grande échelle à  $\pm 0,1$  mm. Inscire en (G).
- Soustraire (C) de (G) et inscrire le résultat en (H). Si cette valeur dépasse 3 unités (0,3 mm), reprendre la lecture des 2 fils niveleurs. Cumuler les distances stadimétriques (F) dans la colonne de droite (J).

## 2- Deuxième mire (visée avant)

- Répéter les étapes décrites précédemment. Avant la dernière lecture, comparer les distances stadimétriques. Si l'écart excède les tolérances, déplacer la mire (station impaire) ou le niveau (station paire).
- Ajuster les portées suivantes en fonction des distances stadimétriques cumulées.

### Vérification du carnet

À chaque page, la somme algébrique des valeurs (H) doit égaler la somme des valeurs (G) moins la somme des valeurs (C).

## **4.4 Fermeture des cheminements**

### **Cheminement en antenne**

L'écart entre la dénivelée mesurée entre 2 repères à l'aller et celle mesurée au retour ne doit pas dépasser  $6\sqrt{K}$  mm, où « K » représente la distance la plus courte entre l'aller et le retour exprimée en kilomètre.

### **Cheminement fermé**

L'écart entre une dénivelée mesurée et une dénivelée déduite des altitudes publiées de 2 repères d'appui doit être d'au plus  $8\sqrt{K}$  mm, où « K » représente la longueur totale du cheminement exprimée en kilomètre.

### **Reprise d'un cheminement fermé**

Avant de reprendre les mesures dans un cheminement fermé qui ne respecte pas les critères établis, l'exécutant doit communiquer avec un représentant de la DRG. L'erreur de fermeture

peut provenir du fait que l'altitude des repères d'appui est erronée. Il peut être nécessaire d'effectuer un nivellement de vérification sur un autre repère. La DRG émettra de nouvelles instructions afin de clarifier la situation.



---

## 5 Nivellement de 3<sup>e</sup> ordre

### 5.1 Généralités

Les travaux de nivellement géométrique de 3<sup>e</sup> ordre sont généralement exécutés pour la détermination de repères de nivellement complémentaires ou pour déterminer l'altitude de points géodésiques. Les cheminements pourront s'effectuer en aller simple entre des repères d'appui d'ordre égal ou supérieur au(x) repère(s) à établir. Si les critères de fermeture ne sont pas respectés, il devra y avoir une reprise du cheminement et, le cas échéant, une continuité du nivellement sur un autre repère existant afin de déterminer lequel a bougé.

La détermination d'un nouveau repère par cheminement en antenne est permise, mais la procédure nécessite obligatoirement un nivellement de vérification du repère d'appui avec un autre repère connu d'ordre égal ou supérieur. Toutefois, lorsque cela est possible, le cheminement fermé doit être privilégié.

La détermination de l'altitude d'un repère par un cheminement en antenne ne comportant qu'une seule station est strictement interdite.

Enfin, pour les travaux de nivellement géométrique aux seuls fins de déterminer l'altitude de points géodésiques, l'exécutant devra privilégier la réalisation de cheminements fermés entre deux repères de nivellement ou deux points géodésiques nivelés géométriquement.

### 5.2 Mode opératoire

#### Nombre de stations

Le nombre maximum de stations par section est de 20.

#### Longueur des visées

La longueur des visées ne doit pas excéder 80 m, quel que soit l'appareil de nivellement utilisé. Ces distances doivent être réduites lorsque les conditions de réfraction sont défavorables, comme lors de périodes chaudes, ensoleillées et sans vent.

## Équilibrage des visées

Pour chaque mise en station, la longueur de la visée arrière et celle de la visée avant doivent, dans la mesure du possible, être identiques. Dans une section donnée, la somme des écarts entre les visées arrière et avant ne devrait pas dépasser 15 m.

### 5.3 *Méthode de lecture des mires*

Le nivellement de 3<sup>e</sup> ordre utilise la méthode des trois fils. Cette méthode est illustrée dans l'exemple qui est donné à l'annexe B et ne s'applique qu'au niveau optomécanique. Pour le niveau numérique, il suffit d'enregistrer toutes les données directement sur la carte mémoire du niveau. Une seule lecture par mire est suffisante à chaque mise en station.

La lecture des mires se fait de la façon suivante :

- l'opérateur vise premièrement la mire arrière;
- les lectures sont d'abord faites sur le fil supérieur, puis sur le fil niveleur et, enfin, sur le fil inférieur. Elles doivent avoir une précision de  $\pm 1$  mm;
- l'opérateur vise ensuite la mire avant;
- l'opérateur fait les lectures selon la séquence décrite ci-dessus;
- l'opérateur déplace ensuite son instrument jusqu'à la station suivante.

L'écart maximum entre les demi-différences stadimétriques (fil supérieur - fil niveleur) et (fil niveleur - fil inférieur) est de 2 mm.

Les calculs requis pour la vérification doivent être effectués sur le terrain, au moment des mesures.

Une page de carnet ne doit inclure qu'une seule section, même si cette dernière ne comporte qu'une station.

Les données météorologiques et les descriptions des repères temporaires sont inscrites dans la colonne « Remarques ».



## 5.4 Fermeture des cheminements

### Coefficient de dilatation thermique des mires

Lors du calcul des fermetures, il faut tenir compte du coefficient de dilatation thermique des mires, car l'erreur induite par leur dilatation ou leur contraction peut devenir considérable lorsque le terrain est très accidenté. L'exécutant doit donc noter la température lorsqu'il entreprend et termine les travaux dans une section de nivellement donnée.

Par exemple, pour les mires de fibre de verre de la DRG, la correction à apporter est la suivante :

$$\text{correction} = (t - T) 10 \text{ ppm}$$

où  $t$  : température ambiante lors des relevés,

$T$  : température de calibration (20 °C).

### Cheminement en antenne

L'écart entre la dénivelée mesurée entre 2 repères à l'aller et celle mesurée au retour ne doit pas dépasser  $12\sqrt{K}$  mm, où « K » représente la distance la plus courte entre l'aller et le retour exprimée en kilomètre.

### Cheminement fermé

L'écart entre une dénivelée mesurée et une dénivelée déduite des altitudes publiées de 2 repères d'appui doit être d'au plus  $16\sqrt{K}$  mm, où « K » représente la longueur totale du cheminement exprimée en kilomètre.

### Reprise d'un cheminement fermé

Avant de reprendre les mesures dans un cheminement fermé qui ne respecte pas les critères établis, l'exécutant doit communiquer avec un représentant de la DRG. Il peut être nécessaire d'effectuer un nivellement de vérification sur un autre repère. La DRG émettra de nouvelles instructions afin de clarifier la situation.



---

## 6 Rapport

La dernière étape du projet consiste à valider les travaux, à préparer les données et à les transmettre à la DRG avec le rapport.

### 6.1 *Validation des résultats*

Avant de transmettre les observations, il est nécessaire de s'assurer qu'elles ne sont pas entachées d'erreurs grossières ou systématiques.

Le logiciel utilisé par l'exécutant doit lui permettre de valider son travail en utilisant les critères de fermeture et d'effectuer les reprises le cas échéant. La DRG se sert de ses propres logiciels pour la validation et la compensation libre des données.

### 6.2 *Fichiers informatiques*

L'exécutant doit préparer les données dans le format suivant, requis par la DRG : *PROJET.DNG* : dénivelées géométriques (annexe C). Pour faciliter la préparation du fichier, il est suggéré d'utiliser la police *Courier*.

### 6.3 *Compensation finale*

La compensation finale est effectuée par la DRG à partir des données transmises par l'exécutant et calculées par la DRG.

### 6.4 *Rapport final*

Le rapport final est rédigé sur le formulaire « Rapport de nivellement géométrique » (fourni par la DRG), prévu à cette fin. Il décrit sommairement les travaux réalisés et les résultats obtenus. Ce rapport est accompagné des documents suivants :

- le bordereau de transmission;

- les carnets de notes, s'il y a lieu; Si un carnet électronique a été utilisé, il faut fournir, sur un support informatique, les données de toutes les sections. S'il y a lieu, une liste de correspondance des repères utilisés doit accompagner les données;
- les certificats de vérification et d'étalonnage des instruments;
- la version informatique des données (fichier DNG) et des résultats de la fermeture des cheminements;
- le schéma de nivellement tel qu'il est illustré à l'annexe D.

# **Annexe A**

## **Lecture de mires de 2<sup>e</sup> ordre : méthode conventionnelle**

Date 88/09/12 ; Aller  / Retour  ; Reprise  ;  
 Opérateur: S.V. ; Secrétaire: F.S. ;  
 REPÈRE No: de 88KZ403 à 88KZ404 ; page 135-76 ;  
 Niveau: N42-102445 ; Mires: 135-76 ; 135-77

COUPS ARRIÈRE

Numéro séquentiel de mise en station	Ecart de lecture	LECTURES DE L'ÉCHELLE		Stadia	Distances stadimétriques cumulées
		DÉCALÉE	TALON "0"		
1	-1	G 45101	A 14952	D 1495	J 330
			B 30150	E 1165	
			C 45102	F 330	
3	-2		18222	1822	658
			30150	1494	
			48372	328	
5	+3		18941	1894	991
			30150	1561	
			49091	333	
	-2		20793	2079	1316
			30150	1754	
			50943	325	
	+3		23874	2387	1627
			30150	2076	
			54024	311	
	+2		20475	2047	1759
			30150	1912	
			50625	135	
	+3		298160	1759	3511
			243919	1752	
			54241	3511	
	ΔH:	+5.424	Dist: 3511 x 2 = 0,702 Km		

COUPS AVANT

Ecart de lecture	LECTURES DE L'ÉCHELLE		Stadia	Distances stadimétriques cumulées	Remarques
	DÉCALÉE	TALON "0"			
+2	G 42393	A 12241	D 1224	J 330	début: 08h15 fin: 08h55
		B 30150	E 894		
		C 42391	F 330		
+2		11218	1121	653	Noyages: 0 Vent: 1 T°: ±20°C
		30150	0998		
		41368	323		
+1		11111	1111	975	
		30150	0789		
		41261	322		
+1		03450	0345	1309	
		30150	0679		
		33601	334		
-1		11789	1178	1620	
		30150	0867		
		41939	311		
+1		13204	1320	1752	
		30150	1188		
		43354	132		
+6		243919	63013		
		min: 13.19			

# **Annexe B**

## **Lecture de mires de 3<sup>e</sup> ordre : méthode des trois fils**





# Annexe C

## Format DNG

25L958B :90L334	:	1/ 1	101018	1008	1016	3	1	44.400	0.4803
25L958B :M10KSD01	:	1/ 2	101018	1008	1122	3	6	536.300	-4.7421
25L958B :63L026	:	1/ 2	101018	1008	1136	3	8	635.300	-6.5088
63L026 :M10KSD01	:	3/ 3	101018	1315	1329	4	1	157.000	1.7450
63L026 :25L958B	:	3/ 4	101018	1315	1441	4	7	546.400	6.4793
25L958B :90L334	:	4/ 4	101018	1441	1454	4	1	65.200	0.4790

### Règle

1234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890  
                  1                  2                  3                  4                  5                  6                  7                  8

### Description des champs

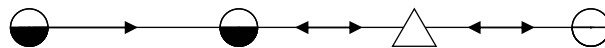
1-8 : Numéro du point de départ  
9 : Séparateur (:)  
10-17 : Numéro du point d'arrivée  
18 : Séparateur (:)  
19-23 : Numéro du carnet/Page(s'il y a lieu)  
24 : Espace  
25-30 : Date (AAMMJJ)  
31 : Espace  
32-35 : Heure de départ (HHMM)  
36 : Espace  
37-40 : Heure d'arrivée (HHMM)  
41 : Espace  
42-44 : Température (°C)  
45-51 : Espaces  
52-53 : Nombre de stations  
54-57 : Espaces  
58-66 : Distance stadimétrique  
67 : Espace  
68-77 : Dénivelée



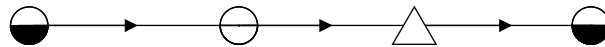
# Annexe D

## Exemples de schémas de nivellement





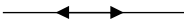
Détermination de l'altitude orthométrique d'un repère de nivellement et d'un point géodésique par cheminement double, y compris un nivellement de vérification sur un second repère de nivellement dont l'altitude orthométrique est connue.



Détermination de l'altitude orthométrique d'un repère de nivellement et d'un point géodésique par cheminement simple fermé entre deux repères de nivellement dont les altitudes orthométriques sont connues.



### Légende

-  Repère de nivellement : altitude orthométrique connue
-  Repère de nivellement : altitude orthométrique à déterminer
-  Point géodésique : altitude orthométrique à déterminer
-  Cheminement simple
-  Cheminement double





*cœur*

*avenir*

*intelligence*

*loisirs*

*équilibre*

*vision*

*richesse*

*talent*

*emplois*

Ressources naturelles  
et Faune

Québec 