

Version réglementation	<b>1-0</b>	Classement de confidentialité	<b>interne</b>
Valable dès le	<b>01.11.2011</b>	Propriétaire	<b>I-AT-FBI</b>
Dernière révision	-	Processus	<b>AT-220</b>
Prochaine révision	<b>01.10.2013</b>	Langues	<b><u>DE</u>, FR, IT</b>
Divisions	<b>Infrastructure</b>		
Utilisateurs spécifiques/Destinataires	<b>aucun</b>		
Remplace	-		
Subordination	<b>R I-22070</b>		

## Surveillance des installations de technique ferroviaire à proximité de chantiers



*Protection contre les crues du Lyssbach, surveillance des voies CFF à Fulenmatt*

<b>1.</b>	<b>Généralités .....</b>	<b>3</b>
1.1.	Contexte, objectifs .....	3
1.2.	Domaine de validité .....	3
1.3.	Documents généraux et relatifs .....	3
1.4.	Termes et abréviations.....	3
<b>2.</b>	<b>Concept de surveillance.....</b>	<b>4</b>
2.1.	Généralités.....	4
2.2.	Contenu .....	4
2.3.	Responsabilités et approbation.....	5
<b>3.</b>	<b>Documentation.....</b>	<b>5</b>
<b>4.</b>	<b>Alarme et intervention .....</b>	<b>7</b>
4.1.	Niveaux d'alarme .....	7
4.2.	Procédure d'alarme.....	8
<b>5.</b>	<b>Surveillance de la voie ferrée.....</b>	<b>9</b>
5.1.	Généralités.....	9
5.2.	Dispositif de mesures.....	10
5.2.1.	Grille et base pour les mesures .....	10
5.2.2.	Précision .....	10
5.2.3.	Méthodes de mesure .....	11
5.2.4.	Calcul du gauche .....	12
5.2.5.	Calcul des flèches verticales.....	13
5.2.6.	Calcul des flèches horizontales.....	14
5.2.7.	Intervalles entre les mesures .....	15
5.3.	Valeurs limites.....	16
5.4.	Appareils de voie .....	17
5.5.	Surveillance visuelle .....	17
<b>6.</b>	<b>Surveillance de la ligne de contact .....</b>	<b>17</b>
<b>7.</b>	<b>Surveillance des installations de câbles et SA .....</b>	<b>18</b>
<b>8.</b>	<b>Surveillance des ponts provisoires ferroviaires .....</b>	<b>18</b>
<b>9.</b>	<b>Réseau de points fixes CFF .....</b>	<b>18</b>
	<b>Liste des modifications.....</b>	<b>19</b>
	<b>Annexe A: Tabelles et diagrammes de surveillance .....</b>	<b>20</b>
A.1	Tabelle de surveillance .....	20
A.2	Gauche, diagramme .....	21
A.3	Écarts verticaux, diagramme.....	21
A.4	Surveillance de la ligne de contact.....	22
A.5	Surveillance visuelle .....	23
	<b>Annexe B: Géomonitorage .....</b>	<b>24</b>
B.1	Géomonitorage automatique.....	24
B.2	Géomonitorage semi-automatique.....	25
	<b>Annexe C: Points d'observation sur traverses.....</b>	<b>26</b>

## 1. Généralités

### 1.1. Contexte, objectifs

Les activités de construction dans le voisinage immédiat de la voie peuvent constituer un danger pour le trafic ferroviaire. L'objectif de la surveillance est de garantir que l'exploitation normale puisse être maintenue.

Ce document définit les responsabilités pour la surveillance des installations de technique ferroviaire, les éléments à examiner, les paramètres testés et leurs valeurs limites ainsi que le processus d'alarme en cas d'irrégularités lors de telles activités de construction. Les mesures éventuelles aux autres installations d'infrastructure n'en font pas partie.

### 1.2. Domaine de validité

I-50009 est valable dès son entrée en vigueur pour la surveillance de chantiers, présentant des risques d'affaissements et de déformations d'installations de technique ferroviaire et susceptibles de mettre ainsi en danger l'exploitation ferroviaire normale. Ce document s'applique pour toutes les voies principales avec  $V \leq 200$  km/h (les valeurs limites autorisées pour les vitesses supérieures à 200 km/h des projets AlpTransit seront définies en temps opportun); s'agissant des voies secondaires, on appliquera ces dispositions par analogie.

Le présent document se distingue du règlement I-22070, dans lequel les mesures réglementaires et les tolérances de réception concernant la construction, le contrôle et l'entretien des voies sont définies.

I-50009 s'adresse aux chefs de projets CFF et de tiers, aux exécutants des CFF et de tiers et aux responsables d'installations des CFF.

### 1.3. Documents généraux et relatifs

Ce document se réfère ci-après aux dispositions des règlements suivants:

- R I-22070, *Construction, contrôle et entretien des voies* du 01.06.2009
- R RTE 21590, *Ponts provisoires ferroviaires* du 01.05.2004
- R RTE 20100, *Sécurité lors de travaux sur et aux abords des voies* du 01.07.2010

### 1.4. Termes et abréviations

Surveillance: mesures de contrôle géotechniques et/ou géodésiques ainsi qu'inspection visuelle d'objets de construction du point de vue des déformations.

Surveillance du gauchissement

- Dévers, d [mm]: différence d'altitude dans la même section de mesure entre les niveaux supérieurs des rails droit et gauche, mesurée sur 1.500 m.
- Gauche, N [‰]: différence de dévers entre deux sections de mesure divisée par leur distance.

Surveillance des déplacements verticaux de la voie:

- Écart vertical,  $\text{Éc } v$  [mm]: différence entre l'altitude de la voie mesurée et celle de la mesure initiale.
- Flèche verticale,  $\text{Fl } v$  [mm]: différence des écarts verticaux sur une base définie.
- Les flèches verticales seront examinées en regard des valeurs limites correspondantes.

Surveillance des déplacements latéraux de la voie:

- Écart horizontal,  $\text{Éc } h$  [mm]: déplacement latéral entre la voie mesurée et celle de la mesure initiale.
- Flèche horizontale,  $\text{Fl } h$  [mm]: différence des écarts horizontaux sur une base définie.
- Les flèches horizontales seront examinées en regard des valeurs limites correspondantes.

Géomonitorage: système de surveillance (semi-)automatique et permanent de déformations, cf. annexe B.

## 2. Concept de surveillance

### 2.1. Généralités

Lors de chaque intervention avec des conséquences potentielles sur les installations de technique ferroviaire, la nécessité et le mode de surveillance de l'état des infrastructures ferroviaires sont à examiner et à définir. Pour cette raison un concept de surveillance sera établi au besoin par le maître de l'ouvrage ou son mandataire et présenté au responsable CFF désigné pour approbation.

La priorité sera constituée par la surveillance des installations de technique ferroviaire dans les domaines de voie ferrée, de ligne de contact / poste d'enclenchement ainsi que des installations de protection de câble.

Les mises en danger d'autres types d'installations, comme par exemple le génie civil, les bâtiments ne font pas partie intégrante du présent document. Selon le projet, elles devront cependant être prises en compte dans le concept de surveillance.

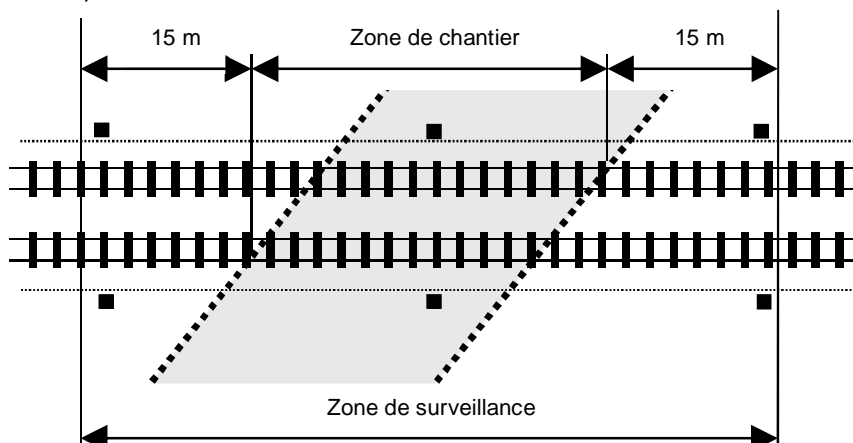
### 2.2. Contenu

Un concept de surveillance doit comporter les informations suivantes:

- Généralités: description du projet, esquisse des objets, données de base, etc.
- Scénarios de risque: menaces, valeurs limites à examiner, disposition possibles, etc.
- Surveillance: description des différents objets, calendrier et intensité, type de surveillance (géomonitorage, mesure manuelle, contrôle visuel), traitement des données, documentation et interprétation, etc.
- Alarme / Intervention: niveau d'alerte, déroulement de l'alerte, intervenants, autres mesures (par ex. modification de la méthode de construction, ralentissement), etc.

Les aspects suivants composent le concept de surveillance et fournissent les informations inhérentes à la surveillance de la voie en particulier:

- Zone de surveillance (quelle est la zone à mesurer, la surveillance sera effectuée au minimum 15 m au-delà de la zone de chantier, pour chaque voie et des deux côtés)



- Paramètres (quels éléments doivent être mesurés)
- Valeurs limites (quelles valeurs sont autorisées)
- Grille de mesure (quelle est la distance entre les points d'observation)
- Intervalle entre les mesures (à quelle fréquence s'effectuent les mesures)

### 2.3. Responsabilités et approbation

Lors de projets de construction de tiers (règle générale), la responsabilité pour l'établissement, la vérification et l'approbation des concepts de surveillance incombe à I-AT-UEW.

Lors de projets de construction de tiers (ouvrages de croisement / ouvrages complexes avec I-PJ comme chef de projet) ou de projets CFF, la responsabilité pour l'établissement, la vérification et l'approbation des concepts de surveillance incombe à I-PJ. Les concepts de surveillance approuvés seront envoyés à I-AT-UEW pour information.

L'établissement des concepts de surveillance peut également être effectué par un tiers (par ex. un bureau d'ingénieurs). Dans ce cas, le concept de surveillance est à soumettre pour vérification et approbation au plus tard 60 jours avant le début de tous travaux à l'organe responsable.

Ce délai sera augmenté en fonction des conditions (taille du chantier, soumissions prévues, organisation interne/externe, etc.) et sera fixé en accord avec l'organe désigné des CFF afin que l'approbation en temps voulu soit garantie.

## 3. Documentation

Tous les résultats de mesure et leur interprétation doivent être présentés en tables et graphiques de façon à être clairement compréhensibles pour toutes les parties concernées. Les points d'observation seront représentés dans un plan de situation.

Les paramètres testés seront distinctement indiqués dans la table. Si les valeurs limites sont dépassées, les résultats devront y être mis en évidence. L'évolution des déformations peut être plus facilement analysée sur la base de diagrammes. On établira des représentations graphiques pour le gauchissement, les déplacements verticaux et horizontaux de la voie (cf. exemple en annexe A).

Les résultats des mesures seront immédiatement transmis après traitement selon le schéma d'alarme défini.

L'emplacement de l'archivage de la documentation est déterminé selon les responsabilités définies dans le chapitre 2.3.

## 4. Alarme et intervention

Durant toute la période des travaux, il faut s'assurer que l'alarme puisse être donnée et que les participants au projet soient atteignables.

### 4.1. Niveaux d'alarme

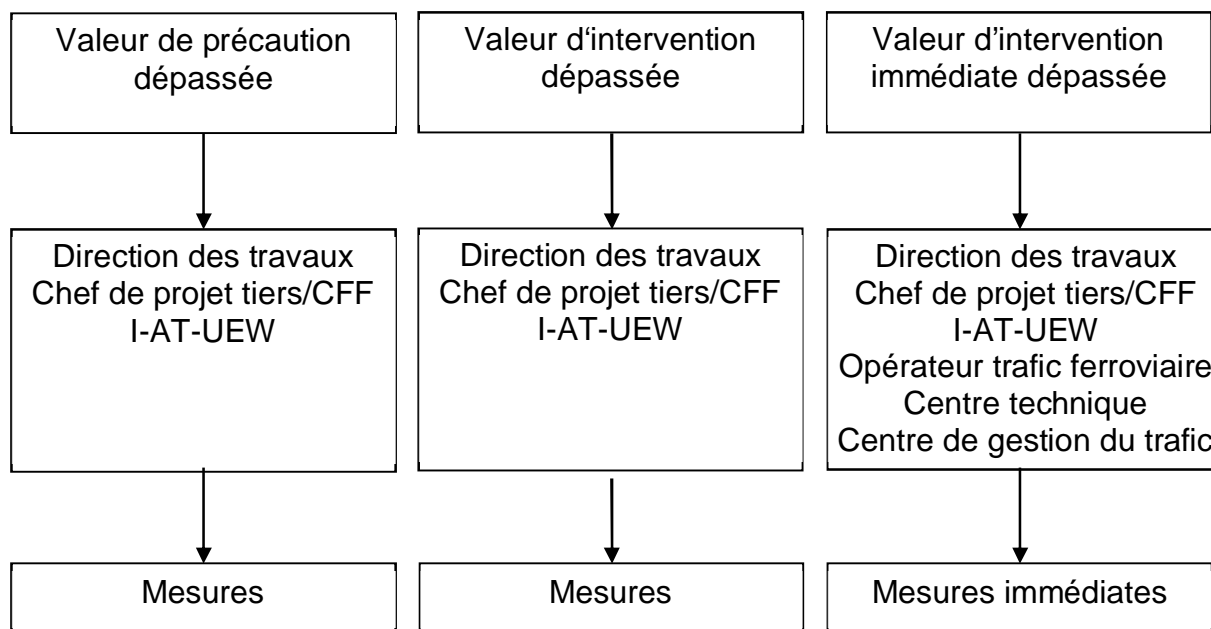
Valeur de précaution	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si la <i>valeur de précaution</i> est dépassée, les participants au projet (direction des travaux, chef de projet, responsables d'installation de I-AT-UEW) doivent en être <i>prévenus</i>.</li> <li>• Procédure à suivre: décision de la direction des travaux et du chef de projet CFF.</li> <li>• Mesures possibles: raccourcissement des intervalles de mesure, observation du développement.</li> </ul>
Valeur d'intervention	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si la <i>valeur d'intervention</i> est dépassée, les participants au projet (direction des travaux, chef de projet, responsables d'installation de I-AT-UEW) doivent <i>convenir des mesures à prendre</i>.</li> <li>• Procédure à suivre: décision de la direction des travaux et du chef de projet CFF en accord avec les responsables d'installation de I-AT-UEW.</li> <li>• Mesures possibles: raccourcissement des intervalles de mesure, correction/ protection des voies, des installations de courant de traction et de câbles, réduction de vitesse, changement de méthode de construction.</li> </ul>
Valeur d'intervention immédiate	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si la <i>valeur d'intervention immédiate</i> est dépassée, il est possible que <i>la sécurité de l'exploitation ne soit plus garantie. Des mesures immédiates doivent être prises</i>.</li> <li>• Procédure à suivre: décision immédiate de la direction des travaux et du chef de projet CFF en consultation avec les responsables d'installation de I-AT-UEW. Information à l'opérateur du trafic ferroviaire (OTF) puis alarme du centre technique (TEZ) et du centre de gestion du trafic selon le schéma d'alarme, respectivement le dispositif de sécurité.</li> <li>• Mesures possibles: arrêt des travaux, correction/protection des voies, des installations de courant de traction et de câbles, réduction de vitesse, interdiction de pleine voie ou changement de méthode de construction.</li> </ul>

Indépendamment des niveaux d'alarme, des événements peuvent constituer une grave menace (effondrement d'échafaudage ou d'une grue, violation du profil d'espace libre, etc.). Ceci nécessite une annonce immédiate à l'opérateur du trafic ferroviaire compétent et une interdiction de voie. Les mesures d'alarme sur le chantier doivent être définies dans le dispositif de sécurité valable.

#### 4.2. Procédure d'alarme

Un schéma d'alarme spécifique au projet (organisation avec noms et numéros de téléphone des personnes à contacter, y compris de leurs représentants) doit être inclus dans le concept de surveillance.

Le schéma d'alarme se base sur le diagramme suivant:



Tout dépassement des niveaux d'alarme doit être communiqué clairement et de manière appropriée à toutes les personnes concernées.

Des informations sans feedback (par exemple par télécopie, courriel ou SMS) pour les niveaux *valeur d'intervention* et *valeur d'intervention immédiate* doivent être quittancées par le destinataire.

L'accessibilité des responsables du projet doit être définie.

Le chef de projet CFF est tenu de communiquer le schéma d'alarme à tous les organes internes CFF (centre technique TEZ de IB, IH).



## 5. Surveillance de la voie ferrée

### 5.1. Généralités

Fondamentalement, la position de la voie chargée est déterminante pour le comportement du véhicule. Faute d'alternatives réalisables à un coût raisonnable pour la mensuration, la voie ferrée sera contrôlée sans charge.

Il est conseillé de prévoir dans le concept de surveillance des observations visuelles régulières du chantier par des spécialistes voie ferrée. En particulier, le comportement de la voie chargée devra être évalué et intégré dans les considérations de sécurité.

Au cas par cas, un contrôle complémentaire par l'utilisation du véhicule de diagnostic pourra être ordonné via le service compétent chargé de l'entretien.

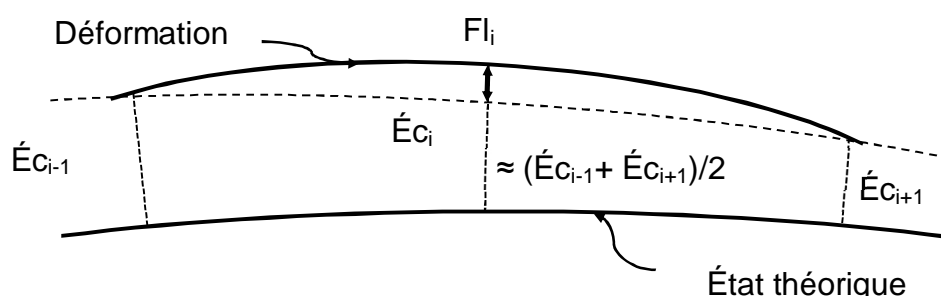
Selon le risque potentiel, on définira dans le concept de surveillance, quels éléments devront être vérifiés:

- le gauchissement de la voie
- les déplacements verticaux et le gauchissement de la voie
- les déplacements verticaux, latéraux et le gauchissement de la voie

Le gauche sera dans tous les cas surveillé, car il constitue le critère le plus important pour le déraillement d'un véhicule ferroviaire.

Pour chacun de ces trois éléments des valeurs limites sont fixées au chapitre 5.3.

Les déformations dans le plan vertical (déplacements verticaux de voie: écarts verticaux) et dans le plan horizontal (déplacements latéraux de voie: écarts horizontaux) sont surveillés sous forme de flèches.



Dans le plan horizontal, les déformations potentielles existantes de la mesure initiale seront négligées (mesure initiale  $\approx$  état théorique). Seules les différences des écarts horizontaux (flèches horizontales) des mesures ultérieures par rapport à la mesure initiale de référence seront prises en compte.

Le plan vertical contenant la direction principale de charge de la voie ferrée, les différences des écarts (flèches verticales) seront calculées par rapport aux flèches théoriques du tracé, puisque on ne peut pas considérer que les déformations verticales sont négligeables lors de la mesure initiale.

La mesure initiale a lieu avant l'ouverture du chantier. Cette mesure sert de documentation pour la position d'origine de la voie et de référence pour le calcul des déplacements verticaux et horizontaux des mesures ultérieures. La qualité de la géométrie de la voie peut y être analysée sur la base des mesures de gauchissement et des déplacements verticaux.

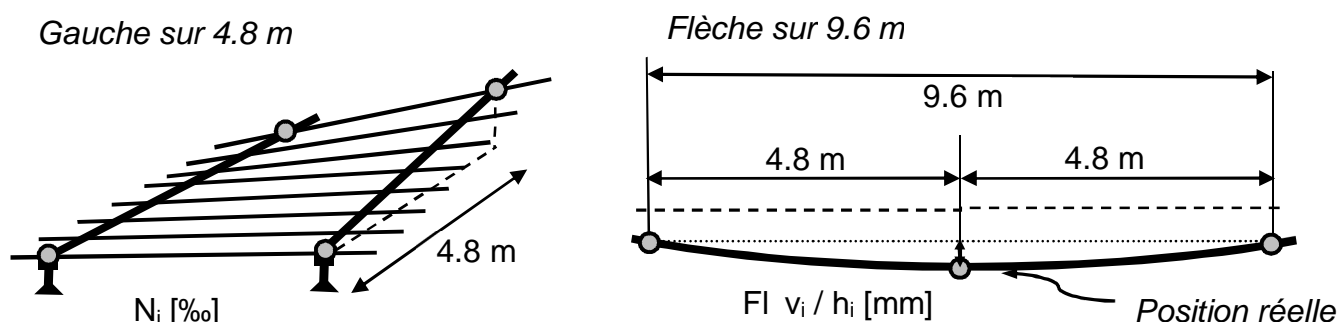
Le dernier procès-verbal du véhicule de diagnostic fournit en outre des informations sur d'éventuelles irrégularités de voie.

Lors d'écarts sensibles par rapport à position théorique, il peut être utile d'effectuer un bourrage avant le début du chantier. Après une correction éventuelle de la voie, une nouvelle mesure initiale de référence est nécessaire.

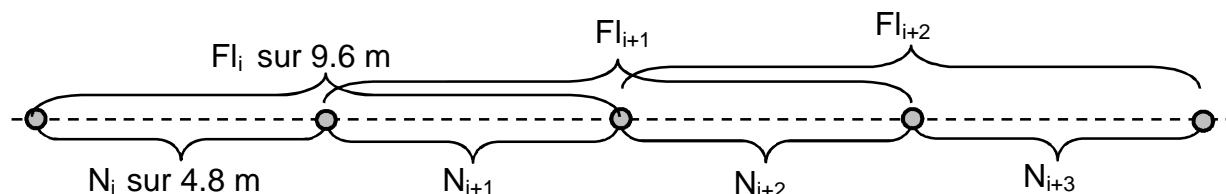
## 5.2. Dispositif de mesures

### 5.2.1. Grille et base pour les mesures

Deux points d'observation sur les traverses ou le plan de roulement du rail par section à une distance de 4,8 mètres (chaque 8<sup>ème</sup> traverse). Ainsi, la base de calcul des flèches horizontales et verticales atteint 9,6 mètres. Le gauche est défini sur 4,8 mètres.



### Ordonnancement des mesures



Dans le cas où

- les conditions locales le requièrent, par exemple lors d'une visée obstruée,
  - la grille doit être densifiée, par exemple lors de l'intégration de points d'observation supplémentaires dans une zone d'appareils de voie,
- la base peut être exceptionnellement réduite/augmentée de deux traverses; dans ce cas, elle mesure  $9,60 \text{ m} \pm 1,2 \text{ m}$ .

### 5.2.2. Précision

Outre les déformations effectives, les inévitables imprécisions de mesure influencent les résultats. Les méthodes de mesure et les précisions à atteindre doivent donc être fixées en fonction des valeurs limites (c.-à-d. selon la vitesse).

Préalablement à une mensuration de surveillance, il est nécessaire d'étudier ces considérations dans un concept de mesure. Ce concept de mesure décrira notamment les instruments de mensuration choisis, la matérialisation des points d'observation et la méthode de mesure appropriée. Il convient d'y démontrer le respect des précisions à atteindre.

En règle générale, des exigences de précision  $\pm 0,5$  mm à  $\pm 1,5$  mm (écart-type) sont requises.

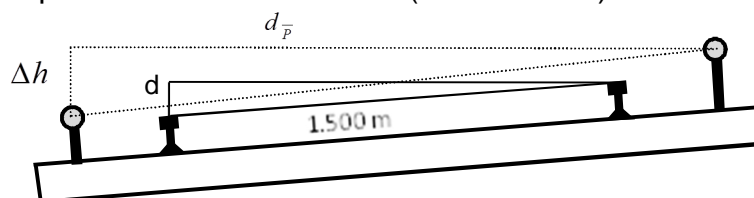
### 5.2.3. Méthodes de mesure

Il existe différents procédés de contrôle pour la surveillance des installations. Les principales méthodes sont répertoriées dans le tableau ci-dessous:

Désignation	Principe	Résultats
Contrôle de chantier	Contrôle visuel par le personnel qualifié	Annonces d'irrégularités
Latte à dévers	Mesure des deux rails pour une détermination directe du dévers	dH entre le niveau supérieur des rails d'une section. Les déplacements verticaux et horizontaux de la voie ne peuvent pas être déterminés.
Nivellement	Détermination de l'altitude des points d'observation (sur le plan de roulement, pas sur la vis!)	Coordonnée Z des points d'observation pour la détermination des déplacements verticaux de la voie et du gauche. Les déplacements horizontaux de la voie ne peuvent pas être déterminés.
Mensuration géodésique avec tachéomètre.	Détermination de la situation et de l'altitude des points d'observation (sur traverses ou transversalement par rapport au champignon)	Coordonnées Y, X, Z des points d'observation pour la détermination des déplacements verticaux et horizontaux de la voie et du gauche.
Mesure de la géométrie de la voie avec un véhicule de diagnostic (R I-22070)	Parcours de la voie à contrôler	Diagramme de mesure des données de géométrie de la voie selon EN 13848-1

La définition des valeurs à contrôler et le choix de la méthode de mesure ont des conséquences qui doivent être soigneusement étudiées du point de vue de la technique de mensuration, par exemple:

- Points d'observation sur les traverses:  
Le dévers doit être déterminé lors de la mesure initiale de référence et de plus être adapté correctement sur le plan PDR. Un relevé indépendant est nécessaire pour déterminer les différences entre le système de référence des réflecteurs et le plan de roulement effectif (cf. annexe C).



Les percements dans les traverses en béton ne sont pas autorisés; les points d'observation devront donc être fixés par collage.

- Points d'observation sur les rails:  
Les points d'observation doivent être matérialisés clairement, durablement et précisément afin de garantir l'exactitude de la détermination pour toutes les mesures ultérieures (par exemple par marquage des vis sur les traverses).

## 5.2.4. Calcul du gauche

*Tabelle du gauche (éléments déterminants de l'annexe A.1)*

KM section	Point	Distance entre sections	Mesure initiale du ...			1ère mesure ultérieure du			2ème mesure ultérieure du		
			Altitude du rail (H PDR g/d 0)	Dévers (d 0) g-d	Gauche (N 0)	Altitude du rail (H PDR g/d 1)	Dévers (d 1) g-d	Gauche (N 1)	Altitude du rail (H PDR g/d 2)	Dévers (d 2) g-d	Gauche (N 2)
		[m]	[m]	[mm]	[‰]	[m]	[mm]	[‰]	[m]	[mm]	[‰]
21'456.00	L	4.80	462.637	41	-0.8	462.626	40	-0.6	462.620	40	-0.6
	R		462.596			462.586			462.580		
21'460.80	L	4.80	462.587	37	-0.8	462.579	37	-1.0	462.570	37	-1.5
	R		462.550			462.542			462.533		
21'465.60	L	4.80	462.537	33	-0.8	462.526	32	-1.0	462.514	30	-2.7
	R		462.504			462.494			462.484		
21'470.40	L	4.80	462.489	29	-0.8	462.471	27	-0.4	462.460	17	0.8
	R		462.460			462.444			462.443		
21'475.20	L	4.80	462.443	25	-0.8	462.422	25	-0.8	462.412	21	0.0
	R		462.418			462.397			462.391		
21'480.00	L	4.80	462.393	21	-1.0	462.364	21	-1.0	462.348	21	-1.0
	R		462.372			462.343			462.327		
21'484.80	L	4.80	462.340	17	-1.0	462.309	17	-1.0	462.308	17	-1.0

$d = 1000 \cdot (462.570 - 462.533) = 37\text{mm}$

$N = (17 - 30) / 4.80 = -2.7\text{‰}$

Le dévers d est calculé pour chaque section, respectivement pour chaque phase de mesure.

Pour la détermination du gauche, les dévers voisins sont pris en compte.

$$N_i = (d_i - d_{i-1}) / l_i \quad l_i: \text{distance entre deux sections.}$$

$$N_{i+1} = (d_{i+1} - d_i) / l_{i+1}$$

Ces gauches seront ensuite comparés aux valeurs limites.

## Remarques

- Méthodes de mesure, exigences minimales: le gauche peut être déterminé à l'aide d'une latte à dévers ou grâce à un nivellement.
- La base de mesure est de 4.80 m.
- La valeur absolue est déterminante et non la différence par rapport à la mesure théorique ou initiale.

## 5.2.5. Calcul des flèches verticales

Table des flèches verticales (éléments déterminants de l'annexe A.1)

KM section	Point	Distance entre sections [m]	Doit	Mesure initiale du ...			1ère mesure ultérieure du...				2ème mesure ultérieure du...			
			Flèche du raccordement vertical (FI rv) + convexe / - concave [mm]	Altitude du rail (H PDR g/d 0) [m]	Altitude de l'axe de voie (H PDR 0) Mesure initiale [m]	Flèche verticale (FI v 0) + convexe / - concave [mm]	Altitude du rail (H PDR g/d 1) [m]	Altitude de l'axe de voie (H PDR 1) Mesure ultérieure [m]	Écart vertical (Éc v 0-1) + convexe / - concave [mm]	Flèche verticale (FI v 1) + convexe / - concave [mm]	Altitude du rail (H PDR g/d 2) [m]	Altitude de l'axe de voie (H PDR 2) Mesure ultérieure [m]	Écart vertical (Éc v 0-2) + relevage / - affaissement [mm]	Flèche verticale (FI v 2) + convexe / - concave [mm]
21'456.00	L	4.80	0	462.637	462.616		462.626	462.606	-10		462.620	462.600	-16	
	R			462.596			462.586				462.580			
21'460.80	L	4.80	0	462.587	462.568	0	462.579	462.560	-8	2	462.570	462.551	-17	2
	R			462.550			462.542				462.533			
21'465.60	L	4.80	0	462.537	462.520	-1	462.526	462.510	-10	2	462.514	462.499	-21	-2
	R			462.504			462.494				462.484			
21'470.40	L	4.80	1	462.489	462.474	-2	462.471	462.457	-17	-3	462.460	462.451	-23	0
	R			462.460			462.444				462.443			
21'475.20	L	4.80	2	462.443	462.430	0	462.422	462.409	-21	2	462.412	462.401	-29	5
	R			462.418			462.397				462.391			
21'480.00	L	4.80	1	462.393	462.382	0	462.364	462.353	-29	-3	462.348	462.337	-45	-15
	R			462.372			462.343				462.327			
21'484.80	L	4.80	0	462.340	462.332	4	462.309	462.301	-31	0	462.308	462.300	-32	8
	R			462.324			462.293				462.292			

$$H\ PDR = (462.372 + 462.393) / 2 = 462.382\ m$$

$$\acute{E}c\ v = 1000 * (462.353 - 462.382) = -29\ mm$$

$$FI\ v = 462.337 - (462.401 + 402.300) / 2 - 1 = -15\ mm$$

## Les flèches

théoriques (FI Rv) dues aux raccordements verticaux peuvent être déduites des plans fournis ou obtenues de Voie ferrée/Géomatique (I-PJ-FG-Geom). Ces valeurs sont souvent négligeables (pas de changement de pente dans la zone de surveillance ou la valeur est minime en comparaison de la limite d'intervention, c.-à-d. pour une base de 9.6 m:  $Pf\ Rv = Rv - \sqrt{Rv^2 - 23}$  ).

Les écarts verticaux (Éc v) par rapport à la mesure initiale seront calculés pour chaque section et pour chaque mesure ultérieure:  $\acute{E}c\ v_i = H\ PDR_i - H\ PDR_0$

Les flèches verticales (FI v) seront calculées pour chaque section, respectivement pour chaque mesure (mesure initiale incluse) sur la base des altitudes voisines:

$$FI\ v_i = H\ PDR_i - (H\ PDR_{i-1} + H\ PDR_{i+1}) / 2 - FI\ Rv$$

Les flèches sont à comparer avec les valeurs limites.

## Remarques

- Méthodes de mesure, exigences minimales: les altitudes absolues (PDR) des points d'observation peuvent être déterminées grâce à un nivellement.
- La base de mesure est de 9.60 m.
- Il n'est pas exigé que l'altitude de l'axe de la voie lors de la mesure initiale soit comparée au profil en long théorique. En ce sens, les écarts verticaux seront calculés seulement lors des mesures ultérieures. La détermination des écarts des

points par rapport au profil en long avec un logiciel de calcul de tracé n'est donc pas nécessaire.

### 5.2.6. Calcul des flèches horizontales

*Tabelle des flèches verticales (éléments déterminants de l'annexe A.1)*

KM section	Point	Distance entre sections	1ère mesure ult. ...		2ème mesure ult. ...	
			Écart horizontal (Éc h 0-1) + à droite / - à gauche	Flèche horizontale (FI h 1) + à droite / - à gauche	Écart horizontal (Éc h 0-2) + à droite / - à gauche	Flèche horizontale (FI h 2) + à droite / - à gauche
			[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
21'456.00	L	4.80	-9		-9	
	R					
21'460.80	L	4.80	-8	2	-10	1
	R					
21'465.60	L	4.80	-10	1	-12	3
	R					
21'470.40	L	4.80	-14	-7	-20	-10
	R					
21'475.20	L	4.80	-5	4	-8	4
	R					

FI h =  $-20 - (-12 + -8)/2 = -10$  mm

La position horizontale de l'axe de voie lors de la mesure initiale est considérée comme étant la position correcte (soit sans déformation FI h<sub>0</sub>).

Les écarts horizontaux (Éc h) par rapport à la mesure initiale seront calculés pour chaque section et pour chaque mesure ultérieure.

Les flèches horizontales (FI h) seront déterminés pour chaque section, respectivement pour chaque mesure sur la base des écarts voisins à la mesure initiale:

$$FI h_i = \text{Éc } h_i - (\text{Éc } h_{i-1} + \text{Éc } h_{i+1})/2$$

Les flèches horizontales sont à comparer aux valeurs limites.

#### Remarques

- Méthodes de mesure, exigences minimales: les coordonnées absolues Y/X des points d'observation doivent être déterminées sur la base d'une mensuration géodésique avec tachéomètre.
- La base de mesure est de 9.60 m.
- Il n'est pas exigé que la position de l'axe de la voie lors de la mesure initiale soit comparée à la position théorique. En ce sens, les écarts et flèches seront calculés seulement lors des mesures ultérieures. La détermination des écarts des points par rapport à la situation théorique avec un logiciel de calcul de tracé n'est donc pas nécessaire; les écarts doivent cependant être soigneusement calculés perpendiculairement à l'axe de la voie.

#### 5.2.7. Intervalles entre les mesures

Les intervalles et le calendrier des mesures suivantes doivent être définis dans le concept de surveillance

- mesure initiale avant le début (des activités) de la construction
- Intervalle entre les mesure durant
  - les travaux préparatoires
  - les travaux principaux
  - les travaux ultérieurs
  - après la fin des travaux
- dernière mesure: après l'achèvement effectif des travaux ultérieurs en prenant en compte l'affaissement à long terme

Il est de la responsabilité de la direction de projet CFF de raccourcir les intervalles de mesure selon les besoins (par exemple, lorsque la valeur de précaution est atteinte). I-AT-UEW devra être informé par écrit par la direction de projet CFF de tout changement de l'intervalle entre les mesures.

### 5.3. Valeurs limites

Les valeurs sont valables pour la voie ferrée à l'état non chargé.

Niveaux d'alarme		Valeur de précaution	Valeur d'intervention	Valeur d'intervention immédiate
Vitesse	km/h	$VR \leq 80 \text{ km/h}$	$VR \leq 80 \text{ km/h}$	$VR \leq 80 \text{ km/h}$
Gauche	‰	2.5	3.5	4.0
Flèche vert.	mm	9	12	16
Flèche horiz.	mm	9	12	14
Vitesse	km/h	$80 < VR \leq 120 \text{ km/h}$	$80 < VR \leq 120 \text{ km/h}$	$80 < VR \leq 120 \text{ km/h}$
Gauche	‰	2.5	3.5	4.0
Flèche vert.	mm	6	8	12
Flèche horiz.	mm	6	8	10
Vitesse	km/h	$120 < VR \leq 160 \text{ km/h}$	$120 < VR \leq 160 \text{ km/h}$	$120 < VR \leq 160 \text{ km/h}$
Gauche	‰	2.0	2.5	3.0
Flèche vert.	mm	4	6	10
Flèche horiz.	mm	4	6	8
Vitesse	km/h	$160 < VR \leq 200 \text{ km/h}$	$160 < VR \leq 200 \text{ km/h}$	$160 < VR \leq 200 \text{ km/h}$
Gauche	‰	1.0	1.5	2.0
Flèche vert.	mm	3	5	9
Flèche horiz.	mm	3	5	7

Remarques:

- Flèches horizontales ou verticales: la base de mesure est de 9.60 m.
- Gauche: la base de mesure est de 4.80 m.
- Gauche: les valeurs limites doivent être considérées comme des tolérances absolues et ne peuvent pas être additionnées au gauche de la rampe de dévers existante. La valeur absolue est déterminante et non la différence par rapport à la mesure théorique ou initiale.



#### 5.4. Appareils de voie

Si des appareils de voie se situent dans le domaine de surveillance, une prise de position de I-AT-FBI-TEC et de I-AT-UEW-SAL sont absolument nécessaire, puisque les changements, respectivement les moteurs des appareils de voie sont particulièrement délicats.

Des mesures complémentaires peuvent ainsi être fixées en temps utile dans le concept de surveillance.

En règle générale, les valeurs limites selon 5.3 gardent leur validité.

#### 5.5. Surveillance visuelle

Les résultats des observations visuelles sont régulièrement consignés dans le rapport de travail par une personne instruite (contremaître, direction des travaux, etc.), cf. annexe A.5.

Les incidents et constatations doivent également être documentés. Si lors de l'inspection visuelle, des écarts devaient apparaître, on procédera promptement selon le schéma d'alarme / dispositif de sécurité.

Le processus et les responsabilités de la surveillance visuelle doivent être définis dans le concept de surveillance et dans le dispositif de sécurité.

### 6. Surveillance de la ligne de contact

Le respect de la sécurité structurale des supports de caténaire et celui de la position du fil sont déterminants pour la surveillance de la ligne de contact. La position du fil de contact dépend entre autres des mouvements de la fondation du pylône. On part du principe que les activités de construction n'affectent pas directement la caténaire et le fil de contact, mais uniquement les fondations.

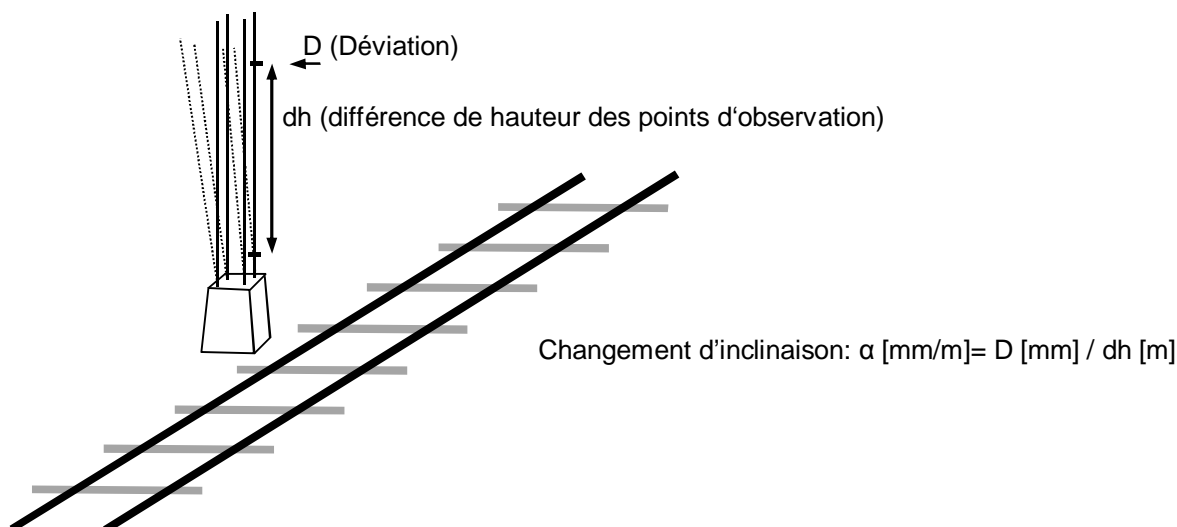
Les différence d'inclinaison et les déplacements doivent être déterminés transversalement et longitudinalement par rapport à la voie.

Valeurs limites valables pour toutes les vitesses:

	Valeur de précaution	Valeur d'intervention	Valeur d'intervention immédiate
Différence d'inclinaison	$\alpha = 5 \text{ mm/m}$	$\alpha = 10 \text{ mm/m}$	*
Affaissement	20 mm	30 mm	*
Déplacement	10 mm	20 mm	*

\*) La valeur d'intervention immédiate tient compte des réserves de la position réelle du fil de contact par rapport aux limites à respecter. La position réelle est déterminée relativement à la voie avant la début du chantier par le service spécialisé concerné (I-A-UEW). Les valeurs d'intervention immédiate sont définies par le service spécialisé concerné pour chaque projet séparément. Lors de dépassements de la valeur de précaution, la position du fil de contact doit être contrôlée. En tenant compte des mouvements de la fondation et de la voie, on vérifiera si suffisamment de réserves sont disponibles en ce qui concerne la position latérale et verticale du fil de contact. Sinon, des mesures immédiates doivent être prises. Cette vérification incombe au service technique compétent.

À la fin des travaux, I-AT-UEW décide si des mesures de contrôle éventuelles de la position du fil sont à effectuer.



## 7. Surveillance des installations de câbles et SA

Comme les caniveaux à câbles sont situés généralement à proximité immédiate de la tête des traverses, il peut être tiré des conclusions sur l'affaissement des caniveaux grâce à la surveillance permanente des écarts verticaux des voies.

Un contrôle visuel est par conséquent suffisant.

## 8. Surveillance des ponts provisoires ferroviaires

Les conditions et valeurs limites valables sont définies dans R RTE 21590, Ponts provisoires ferroviaires

## 9. Réseau de points fixes CFF

Pour la construction et l'entretien des voies ferrées, les CFF possèdent leur propre réseau de points fixes relié au réseau de coordonnées nationales suisses. Les points fixes sont appelés point de repérage, matérialisés par des goujons, dont la plupart sont fixés avec des boulons sur les pylônes de la ligne de contact. En se basant sur ces points de repérage, les machines modernes de bourrage mettent en place les voies selon la position théorique souhaitée.

Des déformations sur les pylônes de la ligne de contact affectent donc directement le lien entre les points de repérages et l'axe de la voie. Si au cours des activités de construction, les mêmes affaissements se produisent sur les pylônes et les voies situées à proximité, le lien relatif n'est pas modifié. La voie ne peut donc être rétablie par bourrage à sa position théorique que lorsque les points de repérage ont été mesurés à nouveau.

Pour cette raison, les déformations supérieures à 5 mm sur les pylônes de la ligne de contact doivent être annoncées aux spécialistes de Voie ferrée/Géomatique à la fin des travaux ou avant qu'un bourrage ne soit planifié.

I-AT-FBI

I-AT-FBI-TEC-TRA

sig. J. Steingraber

Chef Voie ferrée et interaction

sig. Peter Güldenapfel

Chef Études de tracé et projets

**Liste des modifications**

Version	Valable dès le	Chapitre	Modification
1-0	01.11.2011		Première version

## Annexes

## Annexe A: Tabelles et diagrammes de surveillance

## A.1 Table de surveillance

Établi: date/visa  
Contrôlé: date/visa

I-50009\_Tabelle\_F\_111010.xlsx

Page 1

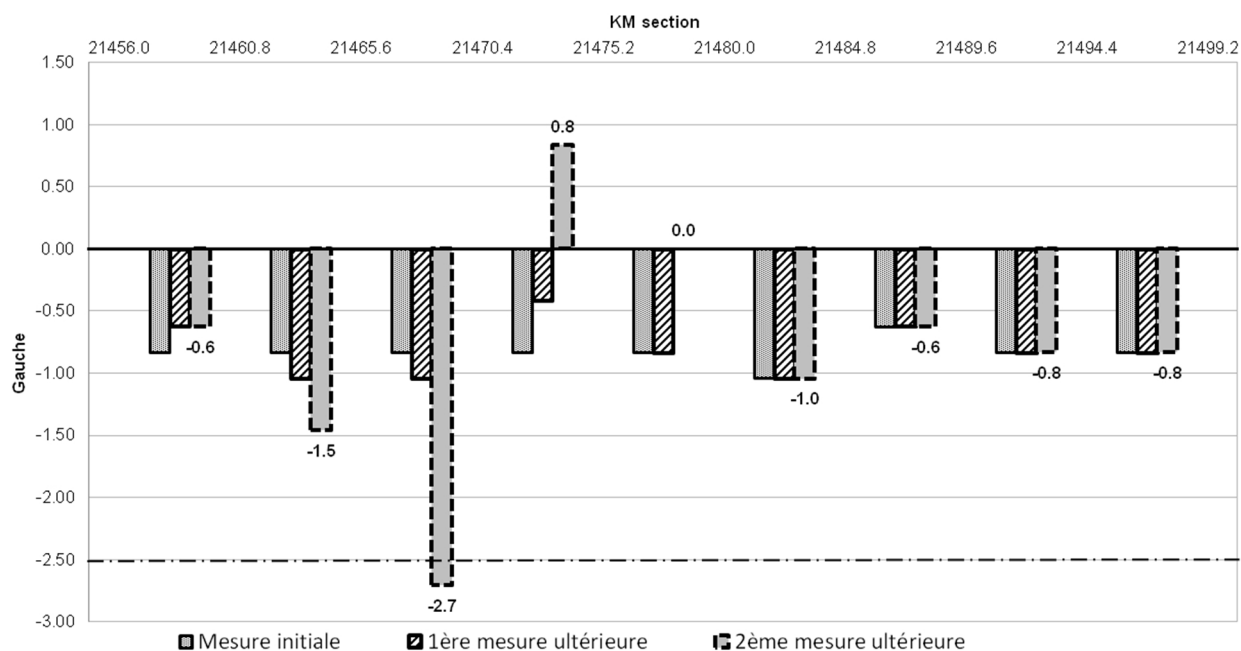
KM section		Point	No pt	Distance entre sections	Flèche du raccordement vertical (FI rv) + convexe / - concave	Altitude du rail (H PDR g/d 0)	Altitude de l'axe de voie (H PDR 0) Mesure initiale	Dévers (d 0) g-d	Gauche (N 0)	Flèche verticalen (FI v 0) + convexe / - concave	Altitude du rail (H PDR g/d 1)	Altitude de l'axe de voie (H PDR 1) Mesure ultérieure	Dévers (d 1) g-d	Gauche (N 1)	Écart vertical (Éc v 0-1) + convexe / - concave	Flèche verticale (FI v 1) + convexe / - concave	Écart horizontal (Éc h 0-1) + à droite / - à gauche	Flèche horizontale (FI h 1) + à droite / - à gauche	Altitude du rail (H PDR g/d 2)	Altitude de l'axe de voie (H PDR 2) Mesure ultérieure	Dévers (d 2) g-d	Gauche (N 2)	Écart vertical (Éc v 0-2) + relevage / - affaissement	Flèche verticale (FI v 2) + convexe / - concave	Écart horizontal (Éc h 0-2) + à droite / - à gauche	Flèche horizontale (FI h 2) + à droite / - à gauche
21456.00	L	4561			0	462.637	462.616	41	-0.8		462.626	462.606	40	-0.6	-10		-9		462.620	462.600	40	-0.6	-16		-9	
	R	4562		4.80		462.596					462.580								462.580							
21460.80	L	4601		0		462.587	462.568	37	-0.8	0	462.579	462.560	37	-1.0	-8	2	-8	2	462.570	462.551	37	-1.5	-17	2	-10	1
	R	4602		4.80		462.550			-0.8		462.542								462.533							
21465.60	L	4651		0		462.537	462.520	33	-0.8	-1	462.526	462.510	32	-1.0	-10	2	-10	1	462.514	462.499	30	-2.7	-21	-2	-12	3
	R	4652		4.80		462.504					462.494								462.484							
21470.40	L	4701		1		462.489	462.474	29	-0.8	-2	462.471	462.457	27	-0.4	-17	-3	-14	-7	462.460	462.451	17	0.8	-23	0	-20	-10
	R	4702		4.80		462.460					462.444								462.443							
21475.20	L	4751		2		462.443	462.430	25	-0.8	0	462.422	462.409	25	-0.4	-21	2	-5	4	462.412	462.401	21	0.0	-29	5	-8	4
	R	4752		4.80		462.418					462.397								462.391							
21480.00	L	4801		1		462.393	462.382	21	-1.0	0	462.384	462.353	21	-0.8	-29	-3	-4	1	462.348	462.337	21	-1.0	-45	-15	-4	2
	R	4802		4.80		462.372					462.343								462.327							
21484.80	L	4841		0		462.340	462.332	16	-0.6	4	462.309	462.301	16	-1.0	-31	0	-4	2	462.308	462.300	16	-1.0	-32	8	-3	2
	R	4842		4.80		462.324					462.293								462.292							
21489.60	L	4891		0		462.281	462.274	13	-0.8	-10	462.256	462.249	13	-0.6	-25	-9	-7	-3	462.255	462.248	13	-0.6	-26	-9	-6	-3
	R	4892		4.80		462.268					462.243								462.242							
21494.40	L	4941		0		462.240	462.236	9	-0.8	7	462.219	462.215	9	-0.8	-21	6	-4	2	462.219	462.215	9	-0.8	-21	7	-4	2
	R	4942		4.80		462.231					462.210								462.210							
21499.20	L	4991		0		462.187	462.184	5	-0.8		462.171	462.168	5	-0.8	-16		-5		462.171	462.168	5	-0.8	-16		-5	
	R	4992		4.80		462.182					462.166								462.166							

Vitesse, VR=	80	km/h	
Mise en forme conditionnelle	N	F1 v	F1 h
Valeur de précaution	2.5	9	9
Valeur d'intervention	3.5	12	12
Valeur d'intervention immédiate	4.0	16	14

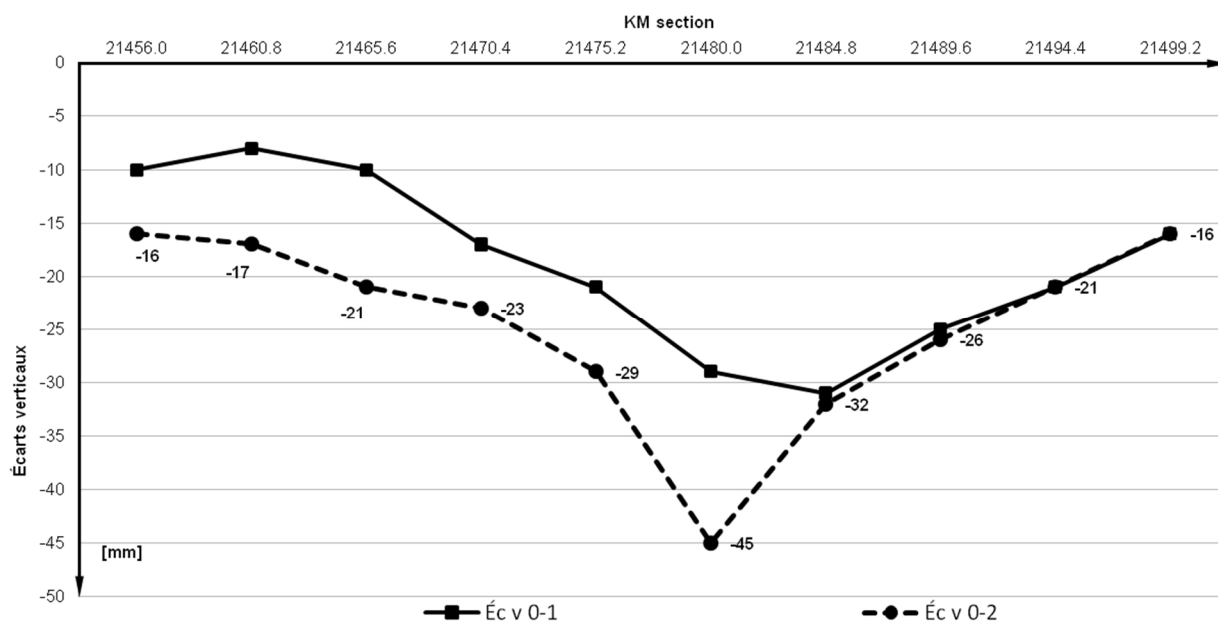
Ligne:  
No de voie:

Entreprise:

## A.2 Gauche, diagramme



## A.3 Écarts verticaux, diagramme



A.4 Surveillance de la ligne de contact

I-50009													Ligne:	
Vitesse, VR=													No de voie:	
125 km/h														
Mise en forme conditionnelle														
Valeur de précaution													Diff. d'inclin.	
Valeur d'intervention													Affaissement	
													Déplacement	
													5	
													10	
													20	
													30	
													20	

## A.5 Surveillance visuelle

### Surveillance visuelle

Chantier: \_\_\_\_\_

Numéro de commande: \_\_\_\_\_

Ligne: \_\_\_\_\_

Vitesse, VR: \_\_\_\_\_ km/h

#### 1. Surveillance de la voie ferrée

Valeur de précaution [mm]: \_\_\_\_\_

Valeur d'intervention [mm]: \_\_\_\_\_

Valeur d'intervention immédiate [mm]: \_\_\_\_\_

				Date													
Valeur d'intervention [mm]:						Contrôleur											
Valeur d'intervention immédiate [mm]:																	
				Mesure initiale		1ère mesure ult.		2ème mesure ult.		3ème mesure ult.		4ème mesure ult.		5ème mesure ult.			
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]	
				Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]		Différence de dévers [mm]		Dévers G-D [mm]	
				Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm]		Différence de dévers [mm							

## Annexe B: Géomonitorage

### B.1 Géomonitorage automatique

Lors de mandat de surveillance à long terme ou lorsque de courts intervalles de mesure sont exigés, il peut être rentable d'installer un géomonitorage automatique. Un tel système de surveillance permanent des voies, incluant une alarme simultanée et entièrement automatique est beaucoup plus exigeant que la simple utilisation de méthodes manuelles. Selon l'utilisation, cela peut conduire à des fausses alarmes qui peuvent s'accumuler.

Les avantages et des inconvénients sont inventoriés ci-dessous pour appuyer le chef de projet CFF dans sa décision

Avantages:

- Intervalles de mesure: les mesures peuvent être effectuées 24 heures sur 24 avec une fréquence élevée. Les intervalles de mesures sont souples et adaptables en continu. Les résultats de la compensation de toutes les mesures sont disponibles après quelques minutes.
- Sécurité: aucune restriction du trafic ferroviaire (accès aux voies ferrées uniquement à des fins de mise en service, d'entretien et de nettoyage, mais pas pour la mensuration elle-même). Ainsi les frais de sécurité se réduisent notablement.
- Alarme: alarme électronique lors d'un dépassement de valeur limite (courriel, SMS, etc.).
- Documentation: service web en ligne pour la visualisation et l'analyse, traitement automatique des données recueillies, historique des mesures.
- Souplesse: les systèmes géomonitorage sont évolutifs. Ils fournissent une solution uniforme et soutiennent les stations totales, les récepteurs GPS et les senseurs géotechniques.
- Fiabilité: les erreurs humaines d'utilisation et de calcul peuvent être exclues la plupart du temps.

Inconvénients:

- Des systèmes entièrement automatisés requièrent l'accessibilité des destinataires des alarmes électroniques 24 heures sur 24 (par exemple SMS avec réveil pendant la nuit). La réception de chacun de ces messages devra être confirmée par le destinataire dans le délai spécifié. Cela nécessite de plus une grande disponibilité de l'opérateur du système.  
Ces exigences peuvent importuner les participants au projet et renchérir considérablement la surveillance d'un chantier.
- Erreur de mesure: les systèmes automatiques fournissent des résultats parfois incorrects (neige / poussière du chantier, précision de mesure); la communication peut être interrompue et ainsi déclencher une alarme, dont la cause n'est pas un affaissement ou le déplacement de l'objet surveillé.
- Entretien: sur les itinéraires très fréquentés les prismes peuvent s'encrasser et éventuellement ne plus fournir de mesures. Si un prisme est défectueux, le gauche ou l'écart ne seront plus calculés sur une longueur de 9.60 m.



- Charges: lors de mesures automatiques, les rails chargés peuvent être mesurés, ce qui peut provoquer de fausses alarmes dues aux mouvements des voies.
- Obstacles: on ne peut pas réagir interactivement lorsque des visées sont obstruées.
- Planification: pour chaque projet, les systèmes automatiques exigent une planification minutieuse et individuelle de la configuration du système.
- La planification doit être effectuée à un stade précoce. Idéalement la mise en service du géomonitorage de la mesure débute au moins quelques jours ou quelques semaines avant l'installation du chantier afin d'accumuler des expériences avec les déficiences énumérés ci-dessus et d'ajuster le système en conséquence, avant qu'il ne soit utilisé de manière productive.
- Mise en service: les systèmes manuels sont plus rapidement en fonction, ils ont cependant besoin de davantage d'interactions de l'utilisateur sur le terrain.

## B.2 Géomonitorage semi-automatique

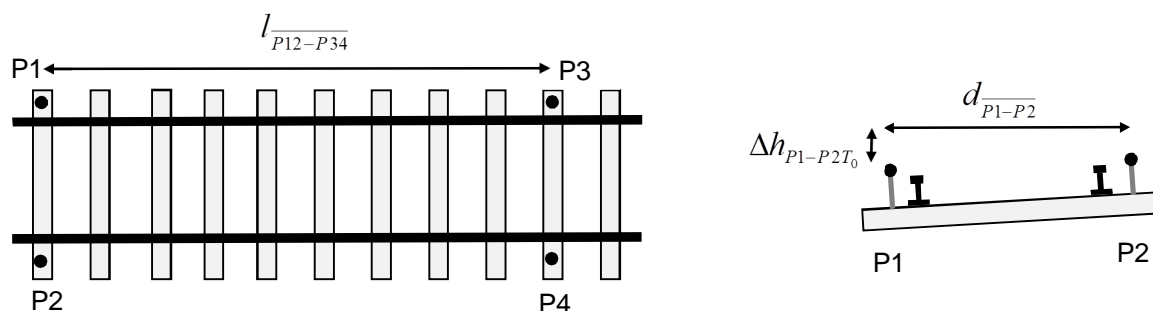
Comme mentionné ci-dessus, dans un géomonitorage entièrement automatique, des fausses alarmes peuvent se produire relativement souvent et poser de sérieux problèmes. Ces fausses alarmes se réduisent considérablement si les résultats des mesures sont contrôlés sur une plate-forme en ligne avant publication. Dans le mandat pour un géomonitorage semi-automatique, le spécialiste de mensuration est donc responsable de tester les résultats.

Si de longs intervalles (mesures quotidiennes, par exemple) sont exigés dans le concept de surveillance, diverses courtes phases de mesures devraient être néanmoins prévues. Les résultats de la journée seront ensuite moyennés à partir de plusieurs séries de mesures. Avec cette approche, des mesures erronées sont plus faciles à identifier afin d'empêcher de fausses alarmes.

C'est de la compétence du responsable du projet d'exiger de recevoir les graphiques et tables plutôt par courriel ou par accès à un service Web en ligne. Dans les deux cas, lors d'absence des responsables, les autorisations IT nécessaires doivent être fournies aux remplaçants.

## Annexe C: Points d'observation sur traverses

Au cas où les points d'observation sont placés sur des traverses, le dévers doit être correctement réduit sur le plan de roulement, respectivement sur 1.500m (voies normales).



$$N_n = \frac{1}{l_{P12-P34}} \cdot \left( \left( \frac{1.5}{d_{P3-P4}} \cdot (\Delta h_{P3-P4T_n} - \Delta h_{P3-P4T_0}) \right) - \left( \frac{1.5}{d_{P1-P2}} \cdot (\Delta h_{P1-P2T_n} - \Delta h_{P1-P2T_0}) \right) \right) + N_0$$

$N_n$  Gauche de la mesure ultérieure n

$\Delta h_{P1-P2T_0}$  Différence d'altitude P1, P2 lors de la mesure initiale

$\Delta h_{P3-P4T_0}$  Différence d'altitude P3, P4 lors de la mesure initiale

$\Delta h_{P1-P2T_n}$  Différence d'altitude P1, P2 lors de la mesure ultérieure n

$\Delta h_{P3-P4T_n}$  Différence d'altitude P3, P4 lors de la mesure ultérieure n

$d_{P1-P2}$  Distance entre P1 et P2

$d_{P3-P4}$  Distance entre P3 et P4

$l_{P12-P34}$  Distance entre les sections P12 et P34 (nominalement 4.8 m, calculé cependant à partir de la distance réelle)

$N_0$  Gauche de la mesure initiale (déterminé par exemple à l'aide d'une latte à dévers, par nivellement des points sur le PDR ou par tachéomètre et éventuellement avec pièce au rail).

Signe:

Dévers positif, le rail gauche est plus haut que le rail droit (considéré dans le sens du kilométrage)

Un signe positif est attribué aux gauches qui évoluent vers un dévers positif dans le sens du kilométrage.