

MARCHE PUBLIC DE SERVICES

SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES (CCTP)

Pouvoir adjudicateur

Ministère de la Transition Écologique, de la biodiversité , de la forêt, de la mer et de la pêche

Mandataire

Direction Départementale des Territoires de l'Isère

Représentant du pouvoir adjudicateur (RPA)

Monsieur, François GORIEU, Directeur Départemental des Territoires de l'Isère

Objet du marché

Campagne de géodésie 2025-2027

Référence du marché : DDT38-SSR-RM-2025-01 du 22 juillet 2025

SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES (CCTP)

SOMMAIRE

1 – Objectif.....	3
2 – Lieu d'exécution des travaux.....	3
3 – Nature des données à acquérir.....	3
4 – Mode de surveillance / Périodicité des mesures.....	5
5 – Contexte de la surveillance.....	5
6 – Présentation du dispositif de surveillance géodésique existant.....	5
7 – Spécifications techniques détaillées.....	8
8 – mise a jour des plans de situation.....	19
Annexe 1 Tableau des visées.....	21
Annexe 2 Plan de situation des dispositifs de surveillance.....	22

SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES (CCTP)

1 – OBJECTIF

La surveillance géodésique du site du versant Sud du Mont Sec consiste à acquérir périodiquement des données destinées à caractériser l'état géométrique du site, en surface, et son évolution.

Cette opération est appliquée à un double objectif : l'étude du phénomène et des mécanismes mis en jeu et la gestion de la sécurité.

Elle s'inscrit dans l'ensemble des opérations de surveillance menées pour l'étude de l'éboulement du versant sud du Mont Sec, situé sur la commune de Séchilienne, réalisées par le Cerema Centre-Est – Département Laboratoire de Lyon – Groupe Risques Rocheux et Mouvements de Sols.

- ✓ Mesures extensométriques en mode automatique ;
- ✓ Mesures radar ULB en mode automatique (en cours d'arrêt) ;
- ✓ Mesures géodésiques en mode automatique par tachéomètre électronique motorisé à partir d'une station fixe ;
- ✓ Mesures géodésiques périodiques à partir d'un canevas de référence.

Les présentes spécifications techniques portent sur :

- ✓ **les mesures géodésiques périodiques en mode manuel ;**
- ✓ **les mesures géodésiques en mode automatique.**

2 – LIEU D'EXÉCUTION DES TRAVAUX

Les mesures géodésiques annuelles ont lieu sur le versant sud du Mont Sec et les mesures géodésiques automatiques sont réalisées à partir du site de mesures de Mont Falcon sur la commune de St-Barthélémy de Séchilienne.

3 – NATURE DES DONNÉES À ACQUÉRIR

3.1 – En ce qui concerne la surveillance géodésique périodique en mode manuel

La surveillance géodésique en mode manuel porte sur les trois types de travaux suivants :

- ❑ **Détermination, à partir d'un canevas de référence existant, constituant le référentiel du dispositif, de la position spatiale XYZ d'un certain nombre de repères répartis sur le site :**

- Le canevas de référence existant est matérialisé par un réseau de 8 points d'appui,
- Les repères de surveillance en place sont actuellement au nombre de 78.

- ❑ **Détermination de l'altitude, par nivellement direct, d'un repère existant, situé à l'entrée de la galerie de reconnaissance (cote 710)**

Cette détermination est rattachée à 6 points de référence existant, dont 3 situés au hameau des Rivoirands et 3 situés en fond de vallée, en bordure de la R.D. 1091.

- ❑ **Détermination de l'altitude, par nivellement indirect, de repères existants, situés dans la zone des entonnoirs (zone du Mont Sec)**

Cette détermination est rattachée à un point de référence existant numéroté 202.

Quatre types de détermination sont à mettre en œuvre :

- ✓ **Détermination par méthode classique de triangulation :**
Cette détermination concerne tous les repères (49) visibles à partir des 5 piliers constituant le canevas secondaire (ou canevas rapproché).
- ✓ **Détermination par méthode GPS :**
Cette détermination concerne :
 - ✓ Le canevas principal (ou canevas d'appui) / 3 massifs en béton,
 - ✓ Tous les repères non visibles à partir du canevas secondaire (16).
- ✓ **Détermination par nivellement direct de précision :**
Cette détermination concerne le repère N°624 situé, à l'entrée de la galerie de reconnaissance (cote 710).
- ✓ **Détermination par nivellement indirect de précision :**
Cette détermination concerne les repères H100 à H104 par rapport au pilier 202 situés sur la zone du Mont Sec.

3.2 – Les mesures géodésiques en mode automatique :

La station automatique devra fournir, en permanence, de manière cyclique, les coordonnées polaires et cartésiennes d'un certain nombre de repères de surveillance, déterminées par rapport au point de centrage de l'instrument (référéncées dans le temps et associées aux mesures correspondant aux conditions météorologiques).

La télétransmission des données vers le centre d'exploitation du Cerema Centre-Est à Bron devra être assurée.

4 – MODE DE SURVEILLANCE / PÉRIODICITÉ DES MESURES

Le mode de surveillance géodésique requis sera le mode périodique :

La périodicité sera variable.

Une périodicité bis-annuelle (années impaires) a été retenue. L'acquisition s'effectuera à l'automne 2025.

Délai d'acquisition des mesures : 1 mois

Fourniture des résultats : fin janvier de l'année.

5 – CONTEXTE DE LA SURVEILLANCE

La surveillance géodésique périodique concernée par le présent cahier des charges s'applique en situation courante, hors périodes de situation de crise, pendant lesquelles les mouvements présentent des accélérations importantes, nécessitant la mise en place de dispositions de sécurité particulières.

6 – PRÉSENTATION DU DISPOSITIF DE SURVEILLANCE GÉODÉSIQUE EXISTANT

Le dispositif de surveillance géodésique s'inscrit dans le schéma général de surveillance mis en place par le Cerema Centre-Est comprenant par ailleurs :

- Un réseau de télésurveillance mis en place dès 1985 : Celui-ci est constitué de capteurs de type extensométrie répartis sur le site et transmettant leurs données à un terminal (Hameaux des Thiébauds) relié aux locaux du Cerema Centre-Est,
- Une station automatique de mesures topométriques mise en place en 1996 : Les mesures sont réalisées par un tachéomètre électronique motorisé installé dans un local fermé et sous alarme situé en rive gauche, sur le versant opposé à l'éboulement, au hameau de MontFalcon. Cette station est reliée, en mode télésurveillance, aux locaux du Cerema Centre-Est à Bron.

Le réseau de surveillance géodésique / voir plan de situation ci-joint

Le réseau de surveillance géodésique est constitué de deux catégories de points :

- Points de référence supposés fixes constituant le canevas de référence,
- Points de surveillance supposés mobiles.

Ce réseau sera déterminé par méthode GPS.

6.1 – Le canevas de référence

(Voir plan de situation ci-contre)

On distingue un canevas rapproché et un canevas d'appui.

Canevas rapproché

Il est constitué de cinq points situés à proximité de la zone à surveiller et encadrant celle-ci.

Ces points sont considérés comme étant, a priori, mobiles. A chaque opération, ils font l'objet d'une nouvelle détermination.

Matérialisation :

Ces points sont matérialisés sous forme de piliers pyramidaux en béton armé, équipés d'une plaque de centrage type EDF (point-trait-plan et rainures à 120°).

- ✓ Un repère est scellé dans leur soubassement

Ce repère matérialise le point de référence. Il est à l'abri d'éventuelles actions de vandalisme.

Il est matérialisé par un repère inox gradué et orienté.

La mesure directe de l'excentrement par rapport au point en surface, grâce à l'évidement du pilier s'effectue à l'aide d'une lunette nadirale.

A l'opération 0, ces excentrement ont été mesurés.

Si nécessaire, ils devront être mesurés de nouveau.

- ✓ Trois (3) voyants excentrés sont matérialisés par des cocardes en lave émaillée scellées sur trois des quatre flancs des piliers pyramidaux.

Les mesures sur les repères de surveillance sont effectuées depuis 4 points (201, 203, 204, 205).

Le cinquième point (202) remplit deux fonctions :

- ✓ Il équilibre la figure du canevas,
- ✓ Étant situé en limite de zone à ausculter, il peut être considéré comme point mobile.

Numérotation : 201-202-203-204-205

Canevas d'appui

Il est constitué de trois points situés en retrait par rapport à la zone instable. Ils sont réputés, a priori stables.

Leur stabilité devra à chaque opération faire l'objet d'un contrôle.

Matérialisation : Repères scellés dans des massifs en béton.

Numérotation : 206-207-208

6.2 – Les points de surveillance

6.2.1 - Surveillance géodésique classique : Les points de surveillance sont au nombre de 65

Ils ont été mis en place à partir de 1988.

Matérialisation : par des sphères métalliques montées, à demeure, sur des supports également métalliques scellés dans les petits massifs en béton (voir photographie en annexe), sauf pour un point matérialisé par un prisme fixé sur un support métallique scellé dans le rocher.

Ces sphères peuvent recevoir un prisme réflecteur, amovible.

Numérotation :

- ❑ 17 sphères mises en place en 1988 : 500 à 516,
- ❑ 12 sphères mises en place en 1993 (605-606-607-611-612-613-615-616-621-622-623) et fin 1994 (626),
- ❑ 2 sphères mises en place en 1994 à l'entrée de la galerie de reconnaissance : 624-625,
- ❑ 6 sphères mises en place en 1997 : 1000-1002-1004-1006-1008-1009,
- ❑ 28 prismes déterminés en géodésie automatique (télésurveillance) :
 - 9 prismes mesurés depuis op15 (nov 2003) : 803, 1103, 1105, 1200, 1204, 1205, 1207, 1300, 1301 ;
 - 3 prismes mesurés depuis op16 (déc 2004) : 1400 à 1402 ;
 - 1 prisme mesuré depuis op17 (déc 2005) : 1501 ;
 - 2 prismes mesurés depuis op20 (déc 2008) : 1801, 1805 ;
 - 2 prismes mesurés depuis op21 (déc 2008) : 1901, 1902 ;
 - 4 prismes mesurés depuis op22 (déc 2010) : 2000, 2001, 2511, 2512 ;
 - 2 prismes mesurés depuis op23 (déc 2011) : 2600, 2701 ;
 - 2 prismes mesurés depuis op24 (déc 2012) : 2802, 2919 ;
 - 1 prisme mesuré depuis op25 (déc 2013) : 3023 ;
 - 2 prismes mesurés depuis op27 (déc 2015) : 3101 et 3102.

6.2.2 - Surveillance géodésique GPS : Les points de surveillance mis en place sont au nombre de 16

Matérialisation : par des tétons porte-antenne en métal inox scellées dans le rocher ou dans un petit massif en béton ou par une colonne métallique équipée d'une sphère surmontée d'un téton ou par une colonne métallique directement équipée d'un téton.

Numérotation :

- 9 repères mis en place en 1993 : 701 à 717,
- 5 repères mis en place en 1995 : 900 à 904,
- 2 repères mis en place en 1997 : 1001 et 1005.

6.3 – Les repères de nivellement :

Les repères mis en place sont au nombre de 12.

Matérialisation: par repère de nivellement à tête hémisphérique, scellés verticalement dans des affleurements.

Numérotation :

- 5 repères au sommet du Mont Sec dans la zone dite « des entonnoirs » : H100 à H104,
- 3 repères aux Rivoirands : 4-5-6,
- 3 repères en bordure de la RD1091 : 1-2-3,
- 1 repère à la galerie de reconnaissance 710: repère 624.

7 – SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES DÉTAILLÉES

7.1 – Mesures géodésiques classiques

Seule la détermination des repères de surveillance visibles à partir des piliers d'observation du canevas de référence rapproché est réalisée par méthode classique de triangulation.

Piliers d'observation : 201- 203- 204- 205.

A partir de chacun de ces 4 piliers d'observation, toutes les visées possibles seront réalisées.

☐ Mode de détermination

➤ **Les repères surmontés d'une sphère :**

La détermination planimétrique et altimétrique de ces repères est réalisée par des intersections angulaires uniquement (triangulation), pour les repères de surveillance présentant un nombre de visées suffisant et une bonne configuration géométrique.

Le cas échéant, des mesures de distance seront effectuées (« triangulation »).

Tableau des visées en pièce jointe

➤ **Les repères surmontés d'un prisme:**

Leur position et leur orientation étant figées, leur détermination ne peut être réalisée qu'à partir d'un seul point du canevas (pilier 204), en antenne, par rayonnement (angles et distance).

☐ Matériel à mettre en œuvre

Les caractéristiques techniques des instruments qui seront mis en œuvre (tachéomètre ou théodolite + distancemètre), et leurs accessoires (centrage, enregistrement...), devront donner l'assurance de l'obtention de la précision requise pour les résultats.

☐ Précision requise

✓ **En planimétrie : +/- 10 mm sur la position XY calculée**

Écart-type correspondant à une ellipse d'erreur obtenue par le calcul en bloc des données, sa dimension étant fonction de l'e.m.q. des observations.

Probabilité pour un point de se trouver à l'intérieur de cette ellipse d'erreur dont les demi-axes correspondent à 1 fois l'e.m.q. = 39 %.

✓ **En altimétrie : +/- 15 mm sur l'altitude Z calculée**

Ecart-type correspondant à l'intervalle d'erreur (si mesure unidimensionnelle).

Probabilité pour un point de se trouver à l'intérieur de cet intervalle d'erreur correspondant à 1 fois l'e.m.q. = 68 %.

☐ Modes opératoires pour les observations

Toutes les observations seront réalisées en centrage forcé sur les plaques de centrage des piliers.

- ✓ Protection contre le rayonnement solaire par un parasol,
- ✓ Blocage de vis d'embase de référence à 5 tours,
- ✓ Enregistrement automatique sur terminal de terrain.

➤ **Mesures angulaires :**

pour les angles horizontaux :

- ✓ Méthode par tours d'horizons (ouverture et fermeture sur référence) ;
- ✓ Par point : équivalent de 2 paires de 2 séquences avec 5 pointés ;
- ✓ Tolérances :
 - fermeture sur référence : 6 à 8 dcmgr selon les conditions atmosphériques,
 - dispersion sur 5 pointés : 6 à 8 dcmgr selon les conditions atmosphériques.

pour les angles verticaux :

- ✓ Par point : équivalent de 2 paires de 2 séquences avec 5 pointés,
- ✓ Tolérances :
 - dispersion sur 5 pointés : 3 à 8 dcmgr selon les conditions atmosphériques,
- ✓ Pour la réduction de certaines distances : visées zénithales réciproques simultanées.
 - 5 mesures, au minimum, après élimination des premières mesures,
 - Relevé des conditions météo (température / pression hygrométrie).

☐ Modes opératoires pour les calculs

➤ **Référentiel à utiliser :** référentiel local créé pour la surveillance du site

- ☐ Planimétrie : système pseudo-lambert
- ☐ Altimétrie : système NGF

Les coordonnées de référence des points d'appui seront fournies (coordonnées locales et Lambert 3 Sud).

- **Réduction des mesures** : réduction correspondant au référentiel utilisé.
- **Calcul des coordonnées** :

Le calcul des coordonnées des points de surveillance sera effectué à l'aide d'un logiciel de calcul en bloc, avec compensation par la méthode des moindres carrés, fournissant les éléments permettant la qualification des résultats (e.m.q. / résidus sur les observations après compensation / ellipses d'erreur).

Points d'appui : les coordonnées des points de surveillance seront calculées à partir des coordonnées des points d'appui issus du calcul du canevas de référence qui sera préalablement effectué (contrôle de stabilité).

Résultats – Éléments à fournir : Listing détaillé des calculs avec éléments qualitatifs.

- **Détermination des mouvements significatifs**

Pour chaque opération (Op n), la comparaison des coordonnées des points de surveillance avec celles issues de l'opération précédente (Op n-1) fournit des vecteurs dX-dY-dZ bruts.

Pour être déclarés significatifs d'un mouvement, ces vecteurs seront soumis à une analyse basée sur des enveloppes d'incertitude différentes des enveloppes d'erreur déterminées par le logiciel de calcul en bloc.

Ces enveloppes d'incertitudes seront appelées enveloppes de confiance.

Les vecteurs dXY et dZ sortant de ces enveloppes de confiance seront déclarés significatifs.

Seuil de confiance retenus :

- ✓ Planimétrie : 2 fois l'écart-type sur les demi-axes des ellipses d'incertitude, Probabilité : 86 %
- ✓ Altimétrie : 2 fois l'écart-type sur l'intervalle d'incertitude, Probabilité : 95 %

Résultats – Éléments à fournir : 1 graphe par point présentant son évolution, (vecteur + enveloppe de confiance)

☐ Documents finaux à fournir

A la fin de l'opération, le prestataire fournira un rapport technique contenant :

- un rapport de mise en œuvre dans lequel sera détaillé :
 - le matériel utilisé et ses caractéristiques techniques,

- le personnel employé (nombre et qualification),
- les remarques éventuelles sur les conditions de mesures.

Ce rapport sera livré sous forme numérique (PDF exclusivement) et papier. Le format PDF tient lieu de reproductible.

- un rapport d'interprétation comprenant :
 - les dénivelées brutes,
 - les dénivelées compensées,
 - les fermetures sur les aller et retour,
 - une analyse et un commentaire sur les résultats,
 - une conclusion.

Ce rapport sera livré sous forme numérique (PDF et format tableur EXCEL ou CALC) et papier. Le format PDF tient lieu de reproductible.

7.2 – Mesures de nivellement direct

Nivellement du point 624 depuis le hameau « Les Rivoirands ».

Ce nivellement direct de haute précision consiste à déterminer en altitude le point 624 situé à l'entrée de la galerie de reconnaissance à partir de 3 points d'appui supposés fixes situés au hameau « Les Rivoirands ».

Contrôle de stabilité des repères situés aux « Rivoirands »

Ce nivellement direct de haute précision consiste à déterminer en altitude les 3 points situés au hameau « Les Rivoirands » à partir de 3 repères situés en fond de vallée de long de la RD1091.

☐ Matériel à mettre en œuvre

Les caractéristiques techniques de l'instrument (niveau de haute précision) qui sera mis en œuvre devront donner l'assurance de l'obtention de la précision requise pour les résultats.

☐ Précision requise et modes opératoires pour les observations

Nivellement du point 624 depuis le hameau « Les Rivoirands »

Ce cheminement de nivellement, long de 1,2 km (aller) et d'une dénivelée de 200 m environ, devra être effectué dans les règles de l'art avec toutes les précautions nécessaires afin d'obtenir le maximum de précision.

Précision requise :

Pour réaliser ces mesures, il est demandé une précision en millimètre supérieure ou égale à $3\sqrt{d}$ (km) **soit 3 mm** (en écart-type) sur les mesures aller et retour (fermeture).

Contrôle de stabilité des repères situés aux « Rivoirands »

Ce cheminement de nivellement, long de 2 km (aller) d'une dénivellée de 200 m environ devra être effectué dans les règles de l'art avec toutes les précautions nécessaires afin d'obtenir le maximum de précision.

Précision requise :

Pour réaliser ces mesures, il est demandé une précision en millimètre supérieure ou égale à $3\sqrt{d}$ (km) **soit 6 mm** (en écart-type) sur les mesures aller et retour (fermeture).

☐ Mode opératoire pour les calculs

- **Référentiel à utiliser :** système NGF

Les altitudes de référence des points d'appui seront fournies.

- **Calcul des altitudes :**

Le calcul des altitudes des repères de nivellement sera effectué à l'aide d'un logiciel de compensation par la méthode des moindres carrés, fournissant les éléments permettant la qualification des résultats (e.m.q. / résidus sur les observations après compensation /..).

Résultats – Éléments à fournir : Listing détaillé des calculs avec éléments qualitatifs.

☐ Documents finaux à fournir

A la fin de l'opération, le prestataire fournira un rapport technique contenant :

- un rapport de mise en œuvre dans lequel sera détaillé :
 - le matériel utilisé et ses caractéristiques techniques,
 - le personnel employé (nombre et qualification),
 - les remarques éventuelles sur les conditions de mesures.

Ce rapport sera livré sous forme numérique (PDF exclusivement) et papier. Le format PDF tient lieu de reproductible.

- un rapport d'interprétation comprenant :
 - les dénivelées brutes,
 - les dénivelées compensées,
 - les fermetures sur les aller et retour,
 - une analyse et un commentaire sur les résultats,
 - une conclusion.

Ce rapport sera livré sous forme numérique (PDF et format tableur EXCEL ou CALC) et papier. Le format PDF tient lieu de reproductible.

7.3 – Mesures de nivellement indirect

Nivellement indirect des points H100 à H104 depuis le pilier 202

Ce nivellement indirect de haute précision consiste à déterminer en altitude les points H100 à H104 situés dans la zone des effondrements au Mont sec à partir du pilier 202.

Contrôle de stabilité du pilier 202 (cf. chapitre 6)

☐ Matériel à mettre en œuvre

Les caractéristiques techniques de l'instrument (tachéomètre de haute précision) qui sera mis en œuvre devront donner l'assurance de l'obtention de la précision requise pour les résultats.

Précision requise et modes opératoires pour les observations

Nivellement indirect des points H100 à H104 depuis le pilier 202

Ce cheminement de nivellement indirect, long de 0,3 km (aller) et d'une dénivelée de 50 m environ, devra être effectué dans les règles de l'art avec toutes les précautions nécessaires afin d'obtenir le maximum de précision.

Précision requise :

Pour réaliser ces mesures, il est demandé une précision en millimètre inférieure à 5 mm.

☐ Mode opératoire pour les calculs

- **Référentiel à utiliser :** système NGF et/local

L'altitude de référence du point d'appui sera fournie.

- **Calcul des altitudes :**

Le calcul des altitudes des repères de nivellement sera effectué à l'aide d'un logiciel de compensation par la méthode des moindres carrés, fournissant les éléments permettant la qualification des résultats (e.m.q. / résidus sur les observations après compensation /..)

Résultats – Élément à fournir : Listing détaillé des calculs avec éléments qualitatifs

☐ Documents finaux à fournir

A la fin de l'opération, le prestataire fournira un rapport technique contenant :

- un rapport de mise en œuvre dans lequel sera détaillé :
 - le matériel utilisé et ses caractéristiques techniques,
 - le personnel employé (nombre et qualification),
 - les remarques éventuelles sur les conditions de mesures.

Ce rapport sera livré sous forme numérique (PDF exclusivement) et papier. Le format PDF tient lieu de reproductible.

- un rapport d'interprétation comprenant :

- les dénivelées brutes,
- les dénivelées compensées,
- une analyse et un commentaire sur les résultats,
- une conclusion.

Ce rapport sera livré sous forme numérique (PDF et format tableur EXCEL ou CALC) et papier. Le format PDF tient lieu de reproductible.

7.4 – Mesures GPS

Les mesures GPS sont destinées à :

- **Contrôler la stabilité du canevas d'appui secondaire** (ou rapproché) composé des 4 piliers (201, 203, 204, 205) utilisés comme référence lors des mesures de triangulation ou triangulation classiques, à partir des 3 points d'appui du canevas primaire (3 massifs en béton : 206, 207, 208).

- Déterminer les coordonnées XYZ de 16 repères de surveillance situés dans la zone instable du Mont-Sec, et non déterminables par mesures de triangulation classiques.

☐ Précision requise

La précision requise (en écart-type) est de +/- 5 mm en planimétrie et +/- 8 mm en altimétrie.

☐ Matériel à mettre en oeuvre

Les caractéristiques techniques des récepteurs GPS qui seront mis en œuvre devront donner l'assurance de l'obtention de la précision requise pour les résultats.

☐ Modes opératoires pour les observations

- **Chaque point fera l'objet d'une triple détermination au minimum**

- Pour le contrôle des points de canevas secondaire 201-203-204-205, les points d'appui seront les 3 points de canevas primaire 206-207-208.

- Pour le calcul des 16 points surveillés, les 3 points d'appui seront les points 201, 203 et 208.

- **Détermination des vecteurs tridimensionnels**

- La méthode statique sera utilisée avec des temps de stationnement d'antenne appropriés (60 mn ou plus), dans des fenêtres optimales de la constellation (avec au moins 5 satellites et un GDOP < 4) et sans aucune élévation inférieure à 15° au-dessus de l'horizon.

- Echantillonnage des mesures : 10 s.

- Les excentrement des centres de phase des antennes devront être connus (certificat d'étalonnage).

Dans le cas contraire, une méthodologie devra être mise en œuvre afin d'éliminer ces erreurs.

➤ Mise en station

Toutes les précautions devront être prises afin de garantir le maximum de précision à la mise en station des points observés.

- Les points de canevas d'appui secondaires seront stationnés avec une embase de précision démontable, se centrant parfaitement dans les plaques type EDF.
- Les repères inox au sol seront stationnés avec une précision de 0,5 mm à l'aide d'une lunette nadirale de précision.
- Pour les points matérialisés par une colonne porte-prisme, une pièce interface sera fournie par le Cerema Centre-Est.

Sur cette interface, se positionnant sur le têtou porte-prisme, pourra se positionner une embase que l'on calera à l'horizontale.

Au total, le Cerema Centre-Est fournira 2 interfaces de ce type.

- Hauteurs d'antennes

Les hauteurs d'antennes seront mesurées 2 fois en début et fin de sessions.

- Points matérialisés par un pilier (201, 203, 204, 205) :
Les hauteurs d'antenne seront mesurées à partir d'un nivellement direct, la mire étant posée successivement sur le repère altimétrique de la plaque EDF et sur le sommet de l'antenne.
- Points matérialisés par un repère inox au sol : Les hauteurs d'antennes seront mesurées afin de garantir la précision du mm.
- Points matérialisés par une colonne porte-prisme :
Les hauteurs d'antennes seront mesurées par rapport au socle béton horizontal, support de la colonne porte-prisme.
La hauteur mesurée devra garantir la précision du mm.

□ Mode opératoire pour les calculs

➤ Référentiel à utiliser :

Les coordonnées de tous les points devront être exprimées dans les 2 systèmes suivants :

- Système WGS 84 (coordonnées ellipsoïdales et géocentriques cartésiennes),
- Système local de la surveillance du site : après conversion par transformation à 7 paramètres de type de Helmert basée sur les points de référence fixes.

➤ Traitement des données

La société consultée dès la remise de l'offre les références concernant les logiciels utilisés :

- le logiciel de calcul des vecteurs,
- le logiciel de transformation à 7 paramètres,
- le logiciel d'ajustement de réseau.

Calcul des vecteurs

Le prestataire fournira le listing des calculs indiquant pour chaque vecteur mesuré :

- le mode de calcul retenu (monofréquence / bifréquence / combinaison retenue..),
- la longueur du vecteur,
- la durée de la mesure,
- le PDOP effectif fonction des satellites retenus dans le calcul,
- l'écart-type sur la mesure du vecteur,
- le numéro des satellites utilisés.

Calcul d'ajustement en bloc des réseaux de vecteurs

Celui-ci sera effectué en libre, sans aucune autre contrainte que celles correspondant aux fermetures des figures géométriques composant le réseau et aux écarts-type a priori des vecteurs.

Le prestataire fournira le listing des calculs indiquant :

- le point fixé ainsi que ses coordonnées,
- les résidus sur les observations (DX, DY, DZ),
- les écarts-type sur la position des points.

Calcul des paramètres de la transformation mathématique

Le prestataire fournira le listing des calculs indiquant :

- les points fixes utilisés dans la transformation avec leurs coordonnées dans les deux systèmes de coordonnées,
- les résidus sur les points fixes,
- les paramètres de la transformation,
- les coordonnées des points transformés.

□ Documents finaux à fournir

A la fin de l'opération, le prestataire fournira un rapport technique, document papier et électronique, contenant :

- **un rapport de mise en œuvre qui détaillera :**
 - le matériel utilisé,
 - le personnel employé (nombre et qualification),
 - les remarques éventuelles sur les conditions de mesures.

Ce rapport sera livré sous forme numérique (PDF et format tableur EXCEL ou CALC) et papier. Le format PDF tient lieu de reproductible.

- **un rapport d'interprétation comprenant :**

- Le formulaire de terrain indiquant :
 - ✓ numéro de point stationné,
 - ✓ jour et horaire de la session d'observation,
 - ✓ hauteur d'antenne (début et fin de mesure),
 - ✓ le pdop moyen de la session,
 - ✓ numéro des satellites réceptionnés.
- Le listing du calcul des vecteurs ;
- Le listing du calcul d'ajustement du réseau de vecteurs ;
- Le listing du calcul de transformation ;
- Le tableau des coordonnées dans les 2 systèmes ;
- Un mémoire sur les méthodes de calcul et les logiciels utilisés ;
- Une analyse et un commentaire sur les résultats ;
- Une conclusion.

Ce rapport sera livré sous forme numérique (PDF et format tableur EXCEL ou CALC) et papier. Le format PDF tient lieu de reproducible.

Pour l'ensemble de l'opération le prestataire devra fournir sous format « papier » en 15 exemplaires et électronique (1cdérom) :

- La liste des coordonnées (local et Lambert 3 Sud) de la mission,
- Les tableaux des mouvements partiels, cumulés et moyen par an pour X, Y, Z, XY, XYZ,
- Les graphes par point des mouvements XY avec ellipses de tolérance, avec mention de la signification des vecteurs (mouvements significatifs) (sauf points de télésurveillance),
- Les graphes par point des mouvements dZ/dXY avec intervalles de tolérance avec mention de la signification des vecteurs (mouvements significatifs) (sauf points de télésurveillance),
- Les graphes par point des déplacements planimétriques en fonction du temps (sauf points de télésurveillance),
- Les graphes par point des déplacements altimétriques en fonction du temps (sauf points de télésurveillance),
- Les Tableaux des mouvements avec indication des pendages.
- Les graphes d'ensemble des mouvements planimétriques :
 - ✓ Un plan au 1/2000 sur lequel seront reportés les déplacements planimétriques des points de suivi à l'échelle 1/10 et 1/20 ;
 - ✓ Un plan au 1/5000 sur lequel seront reportés les déplacements planimétriques des points de suivi à l'échelle 1/30 et 1/50 ;
 - ✓ Un plan au 1/2000 sur lequel seront reportés les déplacements planimétriques des points de suivi à l'échelle 1/5 et l'indication des pendages des déplacements d'une mission à l'autre ;
 - ✓ Un plan au 1/5000 sur lequel seront reportés les déplacements (suivant une légende à définir) de l'évolution planimétrique des points de suivi pour l'année de mesure.

L'ensemble des livrables sera au format numérique (DWG, XLS, DOC, et PDF). Les PDF tiendront lieu de reproductible pour tous les rapports livrés.

7.5 – Mesures géodésiques en mode automatique

La mise en place de la station automatique de mesures géodésiques devra respecter les spécifications techniques précisées ci-après.

7.5.1 – Lieu d'installation

La station automatique sera installée, dans le local existant construit en dur à cet effet.

- Centrage : sur pilier existant situé dans le local, équipé d'une plaque de centrage type EDF (point-trait-plan et rainures à 120°) ;
- Alimentation : le local est alimenté en courant alternatif (220V/50 Hz) ;
- Liaison téléphonique : 2 lignes existent dans le local.

7.5.2 – Mode de surveillance

Les mesures devront être réalisées en mode permanent, avec acquisition cyclique, suivant une périodicité variable, transmises via le réseau interne au PC serveur et télétransmission au centre de d'exploitation du Cerema Centre-Est.

La périodicité des mesures est définie par le Cerema Centre-Est, en fonction de l'évolution des mouvements observés.

Cette périodicité sera typiquement de l'ordre de 2 à 4 heures, en situation courante.

7.5.3 - Repères existants devant être surveillés

- ✓ Nombre : Les repères à surveiller sont au nombre de 70.
- ✓ Position : voir plan de situation.
- ✓ Matérialisation : mono ou multi prismes-réflecteur Leica GPR1 monté avec son support GPH1, soit sur une sphère observée en triangulation (*voir photographie*), soit sur une colonne métallique, surmontée, dans chaque cas, par un téton porte-prisme.

7.5.4 – Nature des données devant être fournies

Les mesures suivantes seront réalisées dans le référentiel local du site

- ✓ Angle horizontal (en gon) ;
- ✓ Angle vertical (en gon) ;
- ✓ Distance suivant la pente (en mètres) ;
- ✓ X-Y-Z ;
- ✓ Date et heure ;
- ✓ Température à la station (en degré celcius) ;

- ✓ Pression atmosphérique à la station (en mbar).

7.5.5 – Précisions requises

Compte tenu des dimensions du site, des imprécisions, plus ou moins importantes, liées à la réfraction atmosphérique et aux longues distances (de 0.9 à 1.9 km) sont attendues sur les mesures.

La précision finale des mesures (hors réfraction et corrections météorologiques) est directement tributaire de la précision du pointé automatique.

La station automatique devra présenter des caractéristiques techniques adaptées aux conditions particulières du site, et aux précisions obtenues par les mesures géodésiques manuelles périodiques (5 à 15 mm en écart-type environ en XY / 10 à 20 mm en écart-type en Z).

7.5.6 – Principales caractéristiques techniques requises pour la station automatique

Logiciel :

Le Cerema Centre-Est ayant développé un logiciel spécifique au traitement des données, le logiciel utilisé sera du type APS_WIN ou GEOMOS de la société Leica avec une sortie de fichier au format « texte » comprenant : en colonne la date, l'heure, l'angle horizontal, l'angle vertical, la distance, les coordonnées X, Y et Z.

Les principales fonctionnalités du logiciel de pilotage de la station :

- Apprentissage de la position des repères,
- Paramétrage des cycles,
- Archivage des données,
- Fonctions d'alarmes (sonore ou graphique...),
- Corrections automatiques,
- Corrections statistiques.

Protections diverses nécessaires :

- Système anti-foudre,
- Onduleur électrique,
- Système de « Reboot » automatique et à distance.

7.5.7 – Remplacement de la station automatique

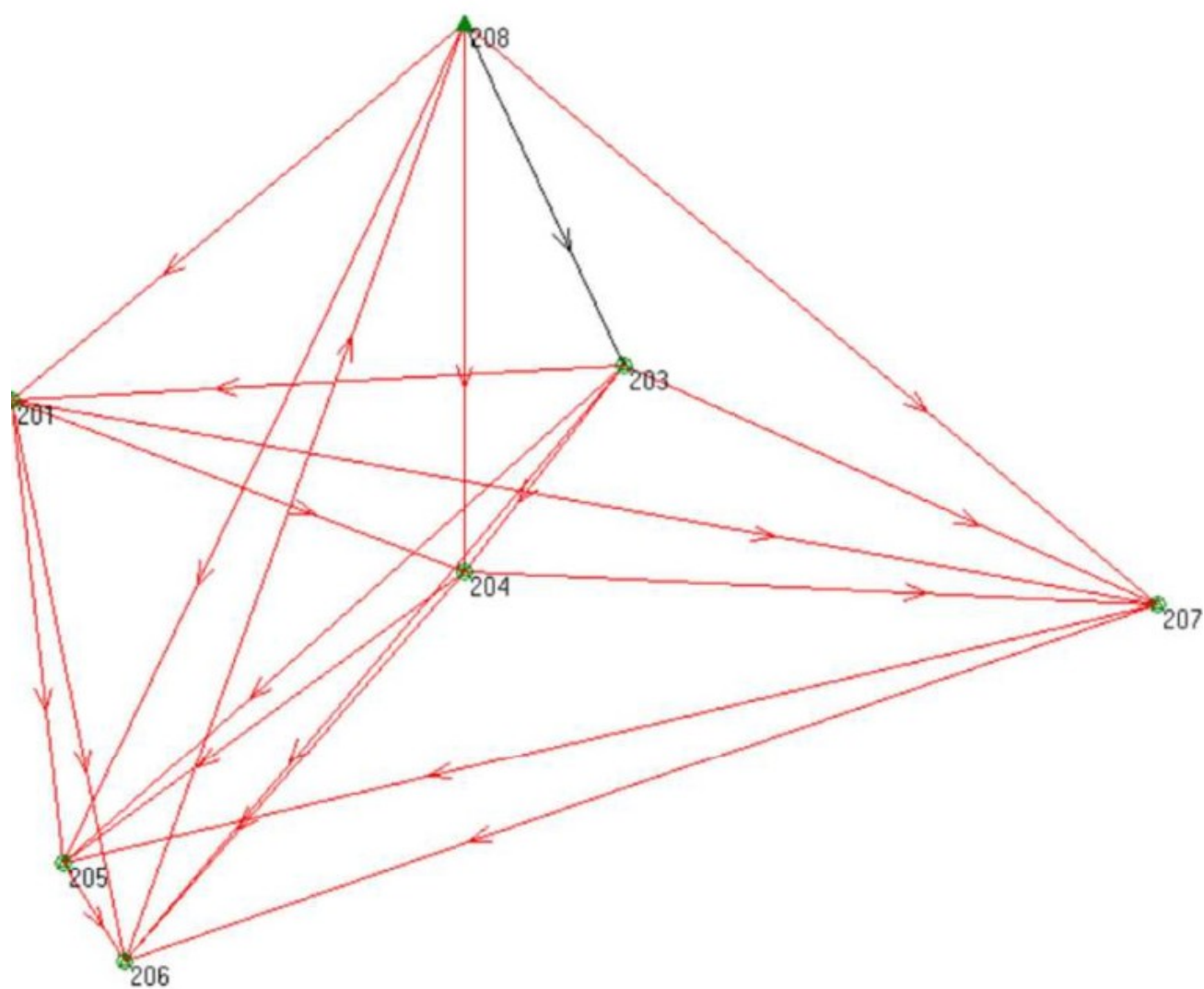
En cas de panne de la station en période normale, le prestataire devra la remplacer entre 24 et 72 H jour ouvré après appel téléphonique du Cerema Centre-Est ou de la D.D.T. de l'Isère.

8 – MISE A JOUR DES PLANS DE SITUATION

Sur la base de 2 mises à jour maximum par an avec pour chaque mise à jour la fourniture de 5 exemplaires papier et 1 cederom avec les plans au format DWG, PDF et JPG :

- un plan au 1/5000 sur lequel seront reportés les différents points de mesures et les bornes de localisation,
- un plan au 1/5000 sur lequel seront reportés les différents points de mesures,
- un plan au 1/2000 sur lequel seront reportés les différents points de mesures,
- les fichiers mif, mid, tab et enfin TXT exploitables sous « Mapinfo MapX version 5.0 » de chaque sous-ensemble constituant le plan (un fichier pour les courbes de niveaux à 1, 5, 10, 25, 50 et 100 m, un fichier pour les repères géodésiques automatiques et classiques, un fichier pour les repères GPS, d'extensométrie automatique et manuelle, les repères radar et les repères altimétriques).

ANNEXE 1 TABLEAU DES VISÉES



ANNEXE 2 PLAN DE SITUATION DES DISPOSITIFS DE SURVEILLANCE

CF Plan ci-joint

