

Déterminations de géodésie et de nivellement par les partenaires

Recommandations techniques



DIFFUSION LIMITEE
DIFFUSION INTERNE
DIFFUSION OUVERTE
choix de l'approbateur (Chef de Service)

DT • 600 82 8714-01
version 1
Date de création 27/01/2023

1	Objet de ce document.....	5
1.1	Contexte	5
1.2	Convention	5
1.3	Champs d'application	6
1.4	Avertissement.....	6
2	Repères de référence légaux sur le territoire français	7
3	Réseaux de nivellement	8
3.1	Rappel sur le NGF.....	8
3.2	La monumentation	9
3.2.1	Choix de la localisation.....	9
3.2.2	Choix du support.....	9
3.2.3	Choix du modèle de repère et fixation	10
3.3	Les fiches signalétiques	11
3.3.1	La documentation fournie en amont : phase de préparation	11
3.3.2	A rendre : les descriptifs des repères anciens mis à jour.....	12
3.3.3	Les descriptifs des repères nouveaux	12
3.4	Les observations.....	13
3.4.1	Techniques employées à l'IGN dans le cadre du NGF	14
3.4.2	Personnel, dispositions légales et sécurité	15
3.4.3	Choix du matériel d'observation : niveau, mires, accessoires	15
3.4.4	Le réglage et la vérification du niveau	17
3.4.5	Le réglage et la vérification des mires	18
3.4.6	Mode opératoire recommandé.....	18
3.5	Le calcul et la compensation.....	20
4	Réseaux géodésiques matérialisés partenaires	21

4.1	Situation actuelle à l'IGN	21
4.2	Coopératif IGN / partenaires	21
5	Entretien des triplets IGN (NGF)	22
5.1	Rappel	22
5.2	La visite des triplets	22
5.3	Le nivellement des triplets	23
5.4	L'attribution d'une hauteur ellipsoïdale aux repères du triplet.....	23
6	L'entretien des points des réseaux RBF	24
6.1	Rappel	24
6.2	Entretien collaboratif du réseau RBF.....	24
6.2.1	Visite des sites.....	24
6.2.2	Réimplantation et réobservation d'un point RBF détruit ou inexploitable.....	25
7	La procédure de contrôle qualité.....	26
7.1	Le contrôle qualité des réseaux de nivellement	26
7.2	Le contrôle qualité des réseaux géodésiques	26
7.2.1	Facteurs de précision des mesures :	27
7.2.2	Bonne adéquation du traitement au chantier :.....	28
8	La diffusion des données.....	29
9	Annexes	30
9.1	Annexe 1 : exemple de fiche signalétique d'un repère de nivellement de l'IGN	30
9.2	Annexe 2 : exemples de fiche de site géodésique	31
9.3	Annexe 3 : exemple d'imprimé de contrôle de talons de mires.....	33
9.4	Annexe 4 : exemple d'imprimé de contrôle de niveaux	34

9.5 Annexe 5 : différences entre systèmes géodésiques 35

Document de travail

1 Objet de ce document

1.1 Contexte

A l'origine, lors des recommandations nationales de 2011 et à la création d'Etalab, il est apparu opportun que les réseaux géodésiques publics, nationaux ou locaux, qui constituent le socle de l'équipement géographique français, soient non seulement objets de l'attention de tous les acteurs de l'aménagement du territoire, mais aussi « qualifiés par l'IGN. Les collectivités locales et établissements publics ont constitué et entretiennent des réseaux planimétriques et altimétriques sur leur territoire de compétence.

Initiée en 2013 par l'IGN, une première démarche coopérative de diffusion de ces « canevas extérieurs » (CANEX) sur une plate-forme commune a provoqué une synergie profitable aux utilisateurs. La vérité terrain, la cohérence qualitative et l'accès à l'information sont grandement optimisés par l'échange systématique d'informations.

Actuellement, la vocation de l'IGN reste de produire, représenter et diffuser des données de référence relatives à la connaissance du territoire national. Mais aussi, dans un nombre croissant de domaines, il développe des productions collaboratives avec des collectivités locales, notamment via la qualification de données souveraines de géographie dans le cadre d'une relation de conseil et de partenariat. Il se doit donc de devenir un acteur de référence dans l'intermédiation des communautés d'utilisateurs ou de producteurs de données géo-localisées et pour ce qui concerne les réseaux géodésiques, développer l'entretien collaboratif des référentiels et ainsi participer à la mise en œuvre de géo-communs

Plus précisément, la suite logique de cette démarche coopérative est, pour l'IGN, l'apport de son expertise aux territoires en matière de géodésie et nivellement et pour le partenaire la participation des territoires à l'entretien des réseaux.

Il s'agit d'un concept gagnant-gagnant, l'IGN amenant son savoir-faire et sa vision globale du réseau national, les territoires leurs approches locales.

1.2 Convention

L'IGN propose à ses partenaires de se lier à l'IGN par une convention à propos d'échanges de bons procédés au sujet des réseaux géométriques et altimétriques. Les termes de ces conventions se feraient au cas par cas après discussion selon les problématiques de chacun des acteurs. L'idée

générale est que l'IGN se propose d'apporter sa garantie en contrepartie d'échanges d'informations sur les chantiers locaux réalisés ou à venir.

1.3 Champs d'application

En ce qui concerne la géodésie, le coopératif IGN/partenaire peut concerner plusieurs domaines :

- 1- les réseaux locaux de nivellement ;
- 2- les réseaux locaux géométriques ;
- 3- le cas particulier des triplets (NGF) ;
- 4- le cas particulier des points du réseau de référence (RRF) et de base Français (RBF).

Les conventions peuvent bien sûr ne porter que sur un ou plusieurs des points précédemment cités.

Le document suivra ce plan. La logique est de commencer par l'intégration des réseaux de nivellement et de géodésie des partenaires, puis de poursuivre par la contribution éventuelle des partenaires à l'entretien des triplets et des sites géodésiques du Réseau de Base Français.

1.4 Avertissement

Ce document n'est pas un cahier des charges. C'est un condensé qui se veut malgré tout complet sur les règles de l'art que l'IGN s'applique dans la réalisation et l'entretien de ses réseaux matérialisés de géodésie et de nivellement de précision.

La finalité de ce document est de fournir un support technique aux partenaires conventionnés de l'IGN qui, souhaitant réaliser ou entretenir leurs réseaux selon ces mêmes spécifications, sont amenés à écrire un cahier des charges.

Parallèlement, le même document pourrait éventuellement contribuer à évaluer un réseau local et déterminer sa possible classification comme compatible avec les standards IGN.

2 Repères de référence légaux sur le territoire français

[Décret n° 2019-165 du 5 mars 2019](#) relatif au système national de référence de coordonnées

En métropole, il s'agit du repère de référence RGF93 (contribution française à l'ETRS89) pour la géodésie ; pour le repère de référence altimétrique, il s'agit de NGF-IGN69 dans l'hexagone et en Corse NGF-IGN78.

Dans les DOM et TOM, il existe [différents systèmes à consulter dans l'arrêté](#).

Toutefois, en ce qui concerne les coordonnées destinées au positionnement décimétrique des repères de nivellement en planimétrie, sans valeur géodésique, sur un fond de carte, il sera possible de les fournir indifféremment en coordonnées géographiques dans les repères de référence géodésique RGF93 ou WGS84, exprimées en degrés décimaux avec au moins 5 décimales.

Bien que les coordonnées WGS84 ne soient pas légales, elles sont suffisamment proches du RGF93 pour une utilisation de localisation des repères de nivellement sur un fond cartographique.

Un instrument GNSS de navigation, ou toute application sur tablette ou téléphone, ou une prise de coordonnées permettent d'obtenir ces coordonnées de positionnement sans valeur géodésique

3 Réseaux de nivellement

Ce passage décrit les standards utilisés par l'IGN pour la réalisation de son réseau de nivellement.

3.1 Rappel sur le NGF

L'IGN est en charge des réseaux matérialisés de nivellement sur le territoire métropolitain, la Corse et les DROM-COM, et participe aussi aux réseaux internationaux.

Historiquement, le réseau de nivellement de France métropolitaine (continent et Corse) est subdivisé en 4 réseaux de plus en plus denses, dits de 1^{er} ordre (réseau de base), de 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} ordres.

Le réseau est constitué de 50 polygones de 1er ordre, comprenant chacun entre 2 et 9 mailles de 2^{ème} ordre.

Le réseau de nivellement de France métropolitaine		
Ordre	Longueur approximative (km)	Nombre approximatif de repères en bon état
1 ^{er} ordre	15 000	21 000
2 ^{ème} ordre	20 000	26 000
3 ^{ème} ordre	45 000	63 000
4 ^{ème} ordre	220 000	220 000
Total	300 000	330 000

C'est dans ce contexte que l'IGN se propose d'intégrer dans son réseau de détail les réseaux locaux, notamment ceux des collectivités territoriales.

La condition de faisabilité est de définir les spécifications à respecter en ce qui concerne :

- 1- la construction ;
- 2- la documentation avant-chantier ;
- 3- les fiches signalétiques ;
- 4- les observations ;
- 5- les calculs ;
- 6- le contrôle qualité ;
- 7- la diffusion.

3.2 La monumentation

Repère de nivellement : point matérialisé permanent dont l'altitude est connue précisément par rapport à un niveau de référence officiel.

Parfois sous-estimée, la qualité de la monumentation détermine la qualité du repère autant que les observations et les calculs.

La monumentation est caractérisée par :

- le respect des règles de sécurité d'accès ;
- le choix de la localisation ;
- le choix du support ;
- le choix du modèle de repère et fixation.

3.2.1 Choix de la localisation

En premier lieu, ce sont les besoins du maître d'ouvrage qui déterminent les emplacements à couvrir.

En général on reporte le chantier à réaliser sur un fond cartographique. Cela permet de visualiser l'emplacement des points d'appui, les itinéraires possibles, enfin les localisations où l'implantation des nouveaux repères est peut-être possible.

Ensuite il faudra mettre en place une phase de reconnaissance sur le terrain, parfois en simultané avec la construction.

Les endroits à privilégier sont des lieux caractéristiques : carrefours, thalwegs, entrée d'agglomérations.

On essaie aussi de répartir harmonieusement les repères le long de l'itinéraire ; par exemple, un repère tous les 500 m. Dans le même temps, on peut aussi grouper judicieusement quelques repères, par exemple dans le centre des villages, afin de proposer des contrôles de stabilité aisés

3.2.2 Choix du support

Le choix du support conditionne les probabilités liées à la pérennité et à la stabilité du repère.

Les supports réputés les plus adaptés sont les bâtiments publics (typiquement : mairie, école, salle communale...), les édifices religieux (dont églises, temples, chapelles...), les parois rocheuses ou gros rochers, les ponts et autres ponceaux, les habitations ou dépendances privées, les bâtiments agricoles, les châteaux d'eau et réservoirs, les ouvrages d'arts maçonnés en général.

En choix secondaire : les petits aqueducs, les croix, les murs de clôtures (cimetières, propriétés,...), les ouvrages d'art maçonnés de taille modeste en général.

L'implantation d'un repère sur tout support nécessite l'accord du propriétaire du support. En général, l'accord verbal suffit. De la même façon que les agents de l'IGN s'appuient sur des textes de lois qui règlementent leurs droits et devoirs dans leurs missions, et qui concernent en particulier l'implantation des repères et bornes géodésiques, les acteurs agissant au nom de collectivités locales doivent s'appuyer sur les textes émis au niveau local.

L'implantation du repère peut être réalisée sur un support vertical (ex. mur) ou horizontal.

L'emplacement du repère doit permettre la verticalisation au-dessus du repère d'une mire de 3 m. Il faut donc que le support soit parfaitement vertical sur 3 m, et dégagé sur un peu plus de 3 m au-dessus du repère.

Dans le cas contraire, on peut exceptionnellement s'adapter par une solution respectant la géométrie des mesures (voir l'annexe sur les recommandations en matière de nivellement).

Par exemple, il peut être admis exceptionnellement de n'avoir que 2 m au-dessus du repère.

Les supports horizontaux (regards, dalles de béton, bornes...) peuvent être une bonne alternative ; en effet, dans un environnement dégagé, ils peuvent permettre des observations GNSS (non pas pour la détermination, mais pour l'utilisation, par exemple pour le calcul de modèles de géoïde).

Les supports en bois sont exclus. De manière générale, on exclut les supports en mauvais état, instables, sans fondations et ceux susceptibles d'être démolis.

3.2.3 Choix du modèle de repère et fixation

Le modèle recommandé est de type métallique à sceller.

Le matériau est en général un des alliages suivants : laiton, bronze, fonte, acier inoxydable.

Selon la nature du support vertical ou horizontal, le modèle du repère peut être différent. Le repère doit être discret et s'intégrer sur le support, surtout s'il est implanté en agglomération sur un bâtiment.

Un des modèles conseillé est le repère conique en inox de 24 mm de diamètre. Ce repère peut être scellé verticalement ou horizontalement.



Le matériel de construction est relativement simple : une perceuse

équipée d'un forêt à pierre/béton de 12 mm de diamètre, un nécessaire à scellement (petit auget, spatule, pot à eau), une massette de 1 kg, une pointerolle bien affûtée, un burin plat, une balayette et une pelle de ménage pour le nettoyage.

Concernant le mode de scellement, la préférence ira au scellement au mortier ou à la résine. Le repère peut être chevillé, mais dans ce cas on jointe au mortier au niveau de la cheville afin d'assurer la pérennité de la fixation.

Dans tous les cas, on veillera à laisser l'environnement très propre, surtout en agglomération : trottoirs, pavés, dallages...

3.3 Les fiches signalétiques

Un repère de nivellement doit s'accompagner d'une fiche signalétique composée à partir d'éléments stockés dans une base de données (cf. Annexe 9.1).

La fiche signalétique est un élément essentiel car d'une part elle permet de retrouver le repère et de l'identifier sans ambiguïté, d'autre part elle permet de prendre connaissance des informations essentielles, en particulier la valeur de l'altitude.

Il est donc indispensable de remplir cette tâche très précisément.

Ce processus de description présente deux parties :

- la fourniture des descriptifs : phase de préparation ;
- la mise à jour des anciens descriptifs et la rédaction des nouveaux : rendu du chantier.

3.3.1 La documentation fournie en amont : phase de préparation

Il s'agit de procurer à l'équipe qui va réaliser le chantier la documentation nécessaire, exacte et à jour des dernières remontées d'informations.

Dans un premier temps le maître d'œuvre fournit les documents concernant le chantier à niveler, par exemple un tirage indiquant les emplacements des repères à niveler, anciens ou nouveaux. Ensuite le prestataire organise son chantier, en particulier les itinéraires à suivre ainsi que les points d'appui dont il aura besoin.

Idéalement, les points d'appui IGN seront préférés aux repères locaux non IGN (sauf si ces derniers ont des altitudes elles-mêmes qualifiées par l'IGN et que leurs stabilités peuvent être vérifiées par des mesures). Dans le cadre du partenariat, il est alors possible de demander les fonds de cartes ainsi que les fiches signalétiques à l'IGN (Service de géodésie et de métrologie) ; ceci garantissant les données de départ.

Afin de suivre au mieux les spécifications internes de calcul à l'IGN, ce dernier fournira les altitudes au dixième de millimètre (4 décimales).

3.3.2 A rendre : les descriptifs des repères anciens mis à jour

Lors de la reconnaissance du chantier, on met à jour les fiches des repères anciens visités, soit par l'application Géodésie de poche, soit dans un fichier Excel© au format CANEX.

Les informations à prélever sont :

- l'existence du repère ;
- son exploitabilité ;
- vérifier son positionnement ;
- vérifier si rien n'a été modifié dans les autres informations (localisation, support, voie suivie, côté, etc.) ;
- reprendre une photo.

Il existe des spécifications pour la photo : format paysage, le repère au centre, ni de trop loin ni de trop près, si possible pas plus de 1280x720 pixels.

Tous ces détails feront partie du support technique apporté par l'IGN.



Exemple de pose sur une mairie

3.3.3 Les descriptifs des repères nouveaux

Après discussion avec le partenaire, les repères seront soit intégrés à la référence nationale, lorsqu'ils auront été qualifiés par l'IGN avec une mention indiquant que les observations n'ont pas été faites par l'IGN, soit diffusés sur la plateforme IGN dans le cadre des canevas extérieurs CANEX.

Les conditions de ce choix seront :

- 1- la volonté du partenaire ;
- 2- la validation des spécifications selon ses standards par l'IGN.

En ce qui concerne les matricules des nouveaux repères, en cas de diffusion type CANEX , ces repères garderont le matricule attribué par le partenaire ; en cas d'intégration dans le réseau NGF de l'IGN, les matricules seront attribués par l'IGN, le matricule attribué par le partenaire apparaissant en concaténation avec le champ Complément sur la fiche signalétique s'il est différent de celui de l'IGN (*exemple : N.A.L3 - 429 repère partenaire XXX*).

Différence entre la qualité des descriptifs des repères du domaine CANEX et du réseau NGF de l'IGN : l'adaptation parfaite des descriptifs des bases partenaires à la base IGN est un travail très conséquent, du fait d'objectifs différents. De ce fait, l'option retenue pour la diffusion par l'IGN des données partenaires est d'accepter des manquements dans le domaine nive, du moment que ceux-ci sont secondaires. L'intégration dans la base de nivellement et de géodésie de l'IGN nécessite logiquement de satisfaire aux spécifications IGN, ce qui est donc plus contraignant.

Encore une fois, un agent IGN expérimenté apportera son savoir-faire, ce qui devrait permettre de surmonter assez facilement cette difficulté probablement mineure dans beaucoup de cas.

De la même façon, après examen des données, les repères partenaires déjà existants pourraient être intégrés dans le réseau de détail NGF, avec la mention indiquant la provenance hors IGN des mesures.

Ceci fera au préalable l'objet d'une étude de faisabilité par les deux parties.

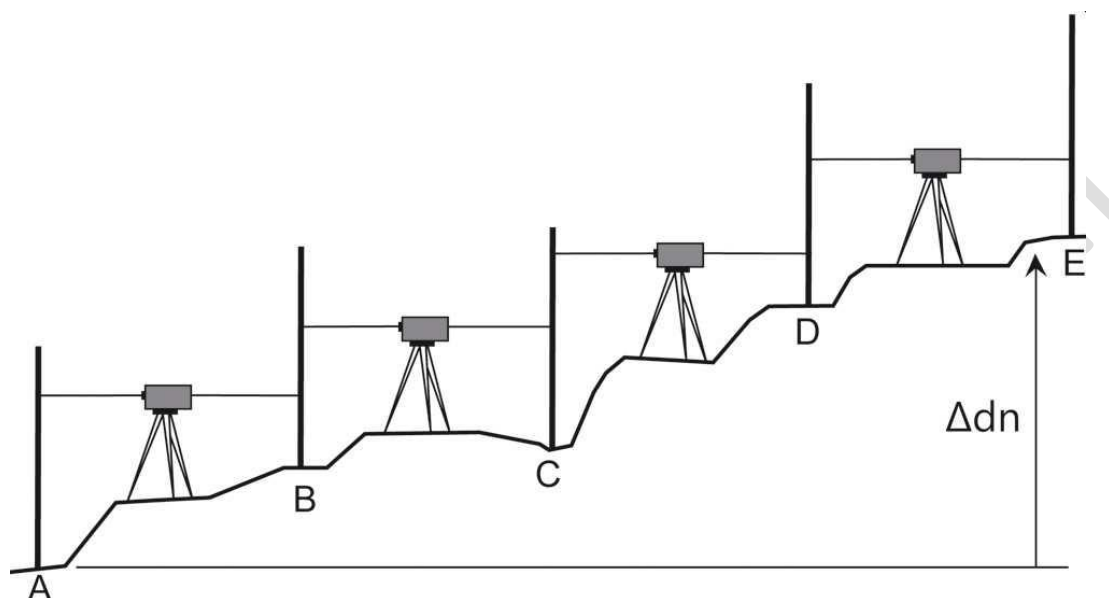
3.4 Les observations

Ce chapitre a pour but de constituer un abrégé du mode opératoire recommandé par l'IGN en matière de nivellement de précision.

Ce document n'a pas pour objet d'être un traité exhaustif sur le nivellement, pour cela il est toujours possible de se référer à la [page sur l'entretien des réseaux de nivellement](#) du site geodesie.ign.fr.

3.4.1 Techniques employées à l'IGN dans le cadre du NGF

Le nivellement de précision à l'IGN est essentiellement le nivellement direct appelé aussi géométrique. En effet, c'est la seule technique qui permette une précision millimétrique sur les dénivelées entre repères proches.



Le principe de base de cette technique est très simple : on reporte le long d'un cheminement autant de dénivelées que nécessaires afin d'obtenir dans un premier temps la dénivelée entre 2 repères consécutifs ; au final on obtient la dénivelée totale entre les extrémités du cheminement, qui sont souvent des jointures appelées « têtes de sections ». Il faut toutefois respecter quelques précautions pour obtenir des observations de qualité.

On peut noter qu'à l'IGN, on combine parfois les observations de nivellement géométrique avec les observations GNSS.

- lorsque la zone à équiper en repères est très loin du réseau existant IGN, on peut déterminer une altitude « origine » par transformation par la grille de conversion (actuellement la grille RAF20 sur le continent, et RAC09 en Corse) de la hauteur d'un point GNSS observé au moins 3 heures en statique. Cependant les repères de la zone sont toujours observés en nivellement direct, et donc même si les altitudes sont définies avec une exactitude de l'ordre de quelques centimètres dans le NGF-IGN69 ou NGF-IGN78 (souvent mieux), les dénivelées entre repères proches sont aussi précises que sur l'ensemble du réseau.

La limite de ce processus est qu'on ne peut évidemment pas l'utiliser en bord de mer où il est obligatoire de connaître précisément les altitudes.

3.4.2 Personnel, dispositions légales et sécurité

Le personnel se compose en général d'un opérateur et d'un ou deux porte-mires.

En cas de cheminement sur la voie publique en dehors des zones sécurisées (trottoirs, voie piétonne, etc.), il est absolument nécessaire de sécuriser le chantier selon la législation, vis-à-vis non seulement de l'équipe de nivellement mais aussi des usagers.

En général il s'agit de la pose de panneaux de signalisation prévus par la législation, et l'appui d'une équipe composée d'un ou plusieurs agents formés à la sécurisation d'un chantier sur le domaine routier.

La prise d'un arrêté de circulation autorisant les travaux sur la voie routière est indispensable (à demander aux autorités gérant le réseau routier).



D'autre part il doit être fourni aux agents de l'équipe de nivellement des EPI (équipements de protection individuels) adaptés à leur environnement de travail (entre autres : des vêtements haute-visibilité selon la saison, des chaussures adaptées, des gants, etc.).

3.4.3 Choix du matériel d'observation : niveau, mires, accessoires

En général, en 2023, le niveau utilisé est de type niveau automatique électronique de précision à lecture sur mire à ruban invar à code-barres. La précision de l'ensemble niveau+mire est donnée par le constructeur à 0.3mm/km ou même 0.2mm/km pour les plus récents.

Pour du réseau de détail, avec un certain savoir-faire en matière de nivellement, 0.3mm/km devrait suffire.

A titre indicatif, ces niveaux sont vendus au 1^{er} janvier 2023 entre 6 000 et 12 000 euros HT pour les plus perfectionnés, selon les marques.

Il existe d'autres types de niveaux (opto-mécaniques à lecture sur mire à chiffraison centimétrique, automatiques ou non automatiques, ...). Leur emploi étant assez coûteux, leur utilisation est assez rare. Les niveaux dits « niveaux de chantier », qui ont une précision inférieure aux niveaux de précision ne sont pas autorisés.

Les mires sont des mires à code-barres de précision, à ruban en métal invar et à poutre en aluminium appariées avec le modèle de niveau choisi.

Selon les moyens mis en œuvre et le personnel disponible, on nivelle à l'aide d'une ou de deux mires de 3 m

Il est aussi recommandé de s'équiper de mires de tailles inférieures pour la mesure de certains repères « difficiles ». Par exemple mire type « industrie » de 2m ou 1m70, 1m20 ou moins (50 cm). Certaines techniques permettent la prise de repères difficile à observer ; les experts IGN seront bien sûr enchantés de confronter leur expérience avec celle des partenaires.

Parmi les accessoires, pour maintenir la mire verticale sans effort l'IGN recommande l'utilisation d'étauçons, sortes de bâtons de section ronde en métal léger d'environ 1m60 de long, appointés à l'une des extrémités. En effet, les poignées « constructeur » des mires sont insuffisantes pour assurer une stabilité optimale de la mire en position verticale, à fortiori par temps venteux.

Autre accessoire : lors du cheminement, les points intermédiaires sont mesurés sur des socles métalliques spécifiques, appelés crapauds de nivellement. Les modèles du commerce ont le mérite d'exister mais semblent peu adaptés à la précision souhaitée. L'IGN faisait fabriquer dans ses ateliers des modèles de crapauds plus fiables car plus lourds (entre 2 et 3 kg) et reposant sur des crapaudines munies de diamants en acier trempé au lieu de simples pointes.





Le trépied de nivellement ne doit pas être trop lourd pour des raisons de confort, ni trop léger non plus, pour des raisons de stabilité. Pour ces raisons les trépieds en bois sont préférés.

La taille optimale est en général celle de l'opérateur. Cependant, à l'usage, en particulier en zone urbaine (station sur les trottoirs), un modèle un peu plus petit est moins encombrant, en plus d'être plus léger.

Le meilleur trépied de nivellement n'est en principe pas muni de pattes coulissantes, suivant l'offre du commerce.

Comme accessoires on peut aussi citer les équipements de protection déjà mentionnés.

3.4.4 Le réglage et la vérification du niveau

Chaque géomètre a une procédure de contrôle de la qualité de son matériel d'observation, le niveau et les mires dans le cas du nivellement.

Parallèlement, le contrôle de l'horizontalité du niveau (appelé dérèglement) doit-être effectué régulièrement, l'idéal étant un contrôle journalier.

La procédure consiste généralement à mesurer l'écart de dénivelée entre deux crapauds dans deux configurations différentes. Sur les niveaux électroniques automatiques, il existe en général dans l'appareil une option permettant cette mesure. Lorsque l'appareil a déterminé la valeur de l'angle de la visée avec l'horizontale parfaite, on enregistre cette valeur.

Lorsque cette valeur est acceptable selon le constructeur, on enregistre cette valeur et les mesures automatiquement. Si la valeur dépasse les tolérances indiquées par le constructeur, il faut envoyer l'appareil à la maintenance.

Il est conseillé d'effectuer le dérèglement (méthode Förstner par exemple <http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document->

[859952/Trimble%20DiNi%20UserGuide%20ver6_ENG.pdf](#)) au début de chaque journée d'observation, une fois le niveau à température ambiante. Le dérèglement est alors inscrit sur le fichier d'observation brut de la journée, ce qui permet d'en attester sa réalisation en cas de doute.

3.4.5 Le réglage et la vérification des mires

Les mires de nivellement de précision sont en général constituées par une poutre d'environ 3 m en alliage léger munie d'une ou plusieurs nivelles sphériques. La présence d'au moins deux nivelles est préférable car cela permet de savoir quand une nivelle est dérèglée.

On commence par vérifier la verticalité des mires, et si cela est nécessaire on procède au réglage des nivelles. Pour ce faire on peut utiliser un niveau de maçon de préférence de 1 m, réglé au préalable. Si plusieurs mires sont disponibles, on effectue des lectures sur toutes les mires à partir de la même station, sur plusieurs hauteurs différentes, afin de vérifier que les lectures sont cohérentes. La tolérance est de 5 dixièmes de millimètres d'écart entre deux lectures sur deux mires différentes. On peut noter ces mesures sur un imprimé daté, et le joindre aux pièces du chantier, ce qui peut attester de l'effectivité de ces contrôles en cas de doute.

Des mesures qui divergent peuvent traduire des problèmes différents : mauvais état de la mire, mauvais réglage des nivelles, etc.

Voir les annexes.

3.4.6 Mode opératoire recommandé

En préalable, il sera fait la distinction triviale mais nécessaire, entre les repères de nivellement 'anciens', à qui on a déjà attribué une altitude, et les repères de nivellement 'nouveaux', dont l'altitude n'a jamais été définie.

Les opérations de nivellement consistent soit à contrôler les altitudes des repères anciens, soit à déterminer à partir de repères anciens stables les altitudes de nouveaux repères.

Stabilité des repères anciens : les repères de nivellement sont soumis dans le temps à des variations de leur positionnement dans l'espace, en particulier en altitude. Les raisons sont soit des 'mouvements de terrain', soit un tassement du support. En ce qui concerne les mouvements de terrain, ceux-ci ne sont pas en général décelables localement et font l'objet d'études géophysiques ou géologiques. Par contre, ce qui intéresse le niveleur sont les mouvements dus au tassement du support. Le moyen de s'assurer qu'un repère de nivellement est stable (dans le temps) ; est de mesurer précisément la dénivelée entre ce repère et un repère proche.

la différence entre la dénivelée observée entre ces 2 deux repères de stabilité doit être inférieure à la valeur donnée par la formule : $1 \text{ mm} \times (1 + \sqrt{n})$, avec $n =$ nombre de nivelées.

Si l'observation de la dénivelée de deux repères anciens respecte cette formule, ces deux repères anciens sont considérés stables, et leurs altitudes sont validées, ce qui autorise à utiliser ces repères comme origine d'un nouveau cheminement. Si les repères ne sont pas stables, il faut alors utiliser un ou plusieurs repères anciens jusqu'à trouver deux repères stables. Les repères stables conservent leur altitude, les repères non stables ont leur altitude modifiée.

En ce qui concerne le mode opératoire, voici les règles recommandées :

- limitation des portées à 35 m maximum (conditions favorables : temps couvert ou pluvieux) ;
- lectures sur la mire de 3 m comprises entre 0.10 m et 2.90 m ;
- égalité des portées coup arrière/coup avant (écart maximum 3 m) ;
- les points nivelés rayonnés sans aller-retour sont proscrits.
-

Egalité de portées et limitation de la distance : ces précautions opératoires permettent de limiter certaines erreurs dans les mesures :

- défaut d'horizontalité de la visée
- courbure terrestre
- réfraction du rayon lumineux dans l'air
- anomalies en valeur et direction de la gravité

Le reste de la manière de procéder est libre, si les critères de qualité des observations sont remplis afin d'assurer une précision suffisante (équivalente à celle du 4^e ordre NGF) :

Tout point de nivellement nouveau doit être encadré par au moins deux repères d'altitude connue ;

Tout repère nouveau non encadré sera rattaché en boucle ou en aller-retour à deux repères stables.

Les observations en double-cheminement sont déconseillées. En effet, la méthode opératoire est fastidieuse à mettre en œuvre et à calculer. L'avantage de cette méthode est de déceler les erreurs de lecture, ce qui ne se justifie plus avec les lectures électroniques. En cas de nivellement en antenne, seul l'aller-retour réel permet de vérifier ses observations, ainsi que de contenir le systématisme lié au sens de marche.

Les boucles ou aller-retour doivent respecter la fermeture suivante en mm : $2 \text{ mm} \times \sqrt{D}$, D étant la distance totale de la boucle ou de l'aller-retour, en kilomètres.

3.5 Le calcul et la compensation

Afin de valider le chantier, le partenaire fournira à l'IGN les documents suivants à l'issue des observations et du calcul :

- un répertoire contenant les observations brutes en mode texte au format constructeur ;
- un répertoire contenant les observations corrigées des erreurs de saisie en mode texte ;
- le rapport de calcul selon le programme de compensation utilisé ;
- un rapport ou tableau résumant les fermetures de boucles et d'allers-retours, les stabilités sur les points d'appui, etc. ;
- un tableau résumant les altitudes compensées.

A l'IGN, nous utilisons un mode de calcul adapté au calcul du réseau NGF. Celui-ci se présente sous la forme de registres de calculs. Même si des altitudes sont calculées au final, un registre est avant tout un recueil de dénivelées, et le calcul se fait traverse par traverse.

Ce processus de calcul est assez différent, dans sa philosophie, des programmes de compensation utilisés par ailleurs : les points sont calculés en bloc à partir des dénivelées mesurées, en pondérant les points d'appui suivant les résultats des stabilités.

4 Réseaux géodésiques matérialisés partenaires

4.1 Situation actuelle à l'IGN

Actuellement, l'IGN diffuse les données de ses réseaux géodésiques qui permettent l'accès à la référence géométrique légale, le RGF93 :

- Le RBF (réseau de base français), c'est-à-dire les réseaux géodésiques déterminés par géodésie spatiale ;
- le réseau RDF, ou réseau de détail français, qui est en fait l'ancien réseau NTF observé par triangulation et recalculé en RGF93 par grille de transformations géocentriques (similitudes).

Parallèlement, l'IGN entretient le [RGP \(réseau GNSS permanent\)](#), qui donne également accès à la référence légale. D'autre part, l'IGN diffuse les points des réseaux planimétriques partenaires sur la même plateforme mais de manière différenciée.

4.2 Coopératif IGN / partenaires

Il n'est pas envisagé pour l'IGN d'intégrer directement dans son réseau géodésique des points partenaires implantés pour un usage local, à l'exception de besoins ponctuels, correspondant à un déplacement souhaité par les deux parties d'un site RBF.

Il est toutefois envisageable d'établir une coopération partenaires/IGN dans le cadre de la planimétrie/géodésie. Elle peut se développer selon deux axes :

- [visite et maintenance collaborative](#) de sites RBF ou complétion ;
- labellisation d'un canevas planimétrique local, qui pourra être diffusé dans le cadre de la démarche conventionnelle. L'aspect juridique voit le jour en 2023. Pour l'aspect technique, se reporter au chapitre 7.2.

5 Entretien des triplets IGN (NGF)

5.1 Rappel

Depuis le début des années 2000, l'IGN a entrepris d'entretenir son réseau par le biais des triplets, groupes d'au moins trois repères proches répartis uniformément sur le territoire français de métropole ou d'outremer. Plus de détails sont donnés sur la [page ERNIT de geodesie.ign.fr](http://geodesie.ign.fr/ERNIT).

Dans le cadre de la démarche collaborative, il a été souhaité d'associer les collectivités à l'entretien des triplets implantés sur leur territoire.

La densité moyenne des triplets est d'environ un triplet tous les 5 km.

Cette collaboration sera débattue au cas par cas entre l'IGN et ses partenaires.

5.2 La visite des triplets

La première étape envisageable pour l'entretien collaboratif des triplets serait une visite périodique des repères appartenant aux triplets implantés sur le territoire du partenaire.

La périodicité reste à fixer mais un intervalle de 5 ans parait le délai maximum souhaitable entre deux visites.

La visite consiste à :

- rechercher le repère,
- vérifier son exploitabilité,
- noter les éventuels changements dans le descriptif,
- reprendre une photo centrée sur le repère en mode paysage.

La visite peut se faire à l'aide de l'application gratuite Géodésie de Poche ou par l'envoi d'un tableau au format d'échange CANEX ainsi que d'un répertoire renseigné de photos.



*Mire-cylindre de fabrication IGN
pour le nivellement des antennes GNSS*

5.3 Le nivellement des triplets

Le nivellement régulier des triplets permet de garantir les altitudes dans le temps.

La procédure est de niveler et de calculer tous les repères du triplet entre eux, selon les recommandations du chapitre 3.

5.4 L'attribution d'une hauteur ellipsoïdale aux repères du triplet

Il s'agit d'enregistrer les mesures GNSS d'une antenne positionnée sur un trépied dans un endroit favorable à la réception pendant au moins 3 heures, puis de la niveler avec précision et de la rattacher en aller-retour à l'un des repères du triplet, situé à moins d'une centaine de mètres de l'antenne.

Les experts de l'IGN se tiendront à la disposition du partenaire pour la réalisation pratique.

Ce sera ensuite l'IGN qui exploitera les observations GNSS.

6 L'entretien des points des réseaux RBF

6.1 Rappel

Le Réseau de Base Français RBF comptabilise plus de 1000 sites en métropole et en outre-mer. Chaque site est constitué de un ou plusieurs points. Chaque site contient au moins un point mesuré en gravimétrie.

6.2 Entretien collaboratif du réseau RBF

Toujours dans la même idée de mettre en commun les savoir-faire de l'IGN et de ses partenaires, il est souhaité de faire entrer l'entretien de ces sites géodésiques dans le domaine collaboratif lorsqu'ils sont implantés sur les territoires concernés. Historiquement les sites RBF étaient distants de 25 km environ. C'est encore le cas, hormis certaines zones où l'IGN a densifié le réseau pour des raisons d'observations gravimétriques. Donc, sur le territoire d'une collectivité le nombre de RBF devrait être limité à 1 ou 2, exceptionnellement 3.

6.2.1 Visite des sites

La première étape de l'entretien consiste en la visite des points du site.

De la même manière que pour un repère de nivellement, il s'agit de rechercher les points, les renseigner et refaire une photo. La recherche d'un point géodésique demande souvent un peu plus d'effort. En effet, il n'est pas rare que les points soient recouverts de terre ou cachés par la végétation. Dans ce cas il faut s'équiper de quoi creuser et couper quelques branches. Un décamètre est nécessaire pour retrouver les points d'après les cotes inscrites sur le croquis de la fiche signalétique. Enfin on a besoin d'une brosse pour nettoyer le point. On peut aussi peindre la borne en blanc, le cas échéant.

Matériel à prévoir (liste non exhaustive) :

- décamètre, double-mètre ;
- pioche à panne large, pelle ronde, serfouette ;
- coupe-coupe, croissant d'élagueur...
- coupe-branche, sécateur ;
- brosse métallique, balayette ;
- matériel de peinture, etc.



Borne RBF dégagée

6.2.2 Réimplantation et réobservation d'un point RBF détruit ou inexploitable

Il n'est pas rare qu'un point RBF soit détruit lors d'aménagements, ou rendu inutilisable par modification de l'environnement (par exemple apparition de masques dû à la végétation,...). L'IGN doit par conséquent procéder régulièrement à l'entretien de son réseau, selon les priorités.

L'entretien par les partenaires des sites RBF de leurs territoires est donc une idée intéressante.

Cependant, les spécifications IGN en ce qui concerne la monumentation des sites RBF sont assez nombreuses, tout comme pour les observations, et font l'objet de manuels complets.

La démarche la plus appropriée serait donc, le cas échéant, que le partenaire et l'IGN se concertent, l'IGN apportant son savoir-faire, sur place ou à distance, et éventuellement du matériel technique.



Construction d'une borne



Observation d'une borne

La procédure de documentation du nouveau repère est similaire à celle des repères de nivellement, mais avec les attributs de la géodésie. Le descriptif de la fiche est donné sur la [page des fiches signalétiques de geodesie.ign.fr](#). Des exemples de fiches peuvent être consultés sur le serveur de fiches de l'IGN.

Pour le traitement des observations (il s'agit généralement du format RINEX en vigueur), l'IGN propose un [calcul en ligne gratuit sur geodesie.ign.fr](#) et invite les maîtres d'œuvre à l'utiliser.

Une notice est consultable. Un rapport de calcul est fourni à l'issue du calcul.

C'est la garantie de solidité du résultat et surtout de la bonne mise en référence RGF93 (pour la métropole).

7 La procédure de contrôle qualité

7.1 Le contrôle qualité des réseaux de nivellement

La procédure de contrôle qualité est contraignante dans les cas d'une intégration, d'une réfection ou d'une densification du réseau NGF. L'IGN contrôlera les données correspondant aux observations et aux calculs (voir § 3) et vérifiera qu'elles peuvent ou non répondre aux standards du réseau. Si besoin, un déplacement sur le terrain de un ou plusieurs agents sera organisé. Dans le cas d'un contrôle qualité terrain, l'IGN s'engage à vérifier la qualité des déterminations altimétriques sur des repères (IGN et /ou locaux) entretenus par le partenaire en vue de les intégrer aux réseaux IGN si celles-ci sont conformes aux standards exposés aux chapitre 3 & 5.

Il s'agit de garantir :

- l'altitude normale (H) pour les repères de nivellement (matérialisant la référence altimétrique légale NGF-IGN69 en France continentale et NGF-IGN78 en Corse).
- Les éléments descriptifs contenus dans la fiche signalétique (cf Annexes)

Il faudra en outre, dans ces cas, nécessairement adapter le rapport de calcul aux registres IGN.

Ce contrôle à posteriori se fait selon l'état de l'art pour le côté opérationnel. Il doit correspondre aux modèles stochastiques prévus pour l'échantillonnage et les seuils d'acceptation. Début 2023, bien que des réflexions soient menées au sein du CNIG pour la refonte des textes, c'est toujours [l'arrêté du 16 septembre 2003](#) sur les classes de précisions qui fait loi (<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000000794936>).

7.2 Le contrôle qualité des réseaux géodésiques

Pour les réseaux géodésiques, les contrôles les plus contraignants sont ceux visant à réfectionner les sites des réseaux RBF. Il s'agit de garantir :

- les coordonnées géographiques géodésiques et la hauteur ellipsoïdale (matérialisant la référence légale RGF93 en France continentale et NGF-IGN78 en Corse).
- Les éléments descriptifs contenus dans la fiche signalétique (cf Annexes)

Il s'agit d'obtenir des coordonnées les plus *exactes* possibles mais aussi de déterminer leur *précision* et la *fiabilité* de la solution

On rappelle :

L'**exactitude** est conditionnée par la connaissance des **erreurs systématiques** (biais de mesure), qui, si elles ne sont pas éliminées par le mode opératoire, font partie des paramètres à déterminer.

La **précision** est évaluée à partir de l'estimation des **erreurs accidentelles** (considérées comme variables aléatoires d'espérance nulle), sous réserve d'une *redondance* suffisante du schéma (degrés de liberté) et de la meilleure appréciation du comportement statistique de ces erreurs de mesure (modèle stochastique amenant à la *pondération* la plus efficace des observations).

La **fiabilité** consiste en l'aptitude de l'ensemble schéma et traitement à **détecter les fautes** ou les systématismes non identifiés. Son appréciation est conditionnée par la **redondance** géométrique du schéma d'observation.

Dans le cas particulier des points du RBF, on contrôle la **monumentation, les éléments descriptifs** et le programme d'**observations** géodésiques selon les critères exposés au §6. Pour tous les réseaux, pour garantir une qualité géodésique selon les standards IGN, on s'attache plus particulièrement aux aspects suivants :

7.2.1 Facteurs de précision des mesures :

Analyse des conditions d'acquisition :

MATERIEL : Type de récepteur et d'antenne, Logiciel de traitement observations

SYSTEME GNSS : santé des satellites, distribution et nombre de satellites, ionosphère, troposphère, réflexions multiples.

MODE OPERATOIRE : Durée des observations, homogénéité des mesures, distance entre points au pivot ou à la station permanente, contrôle du centrage et prise de la hauteur d'antenne redondante, protection du récepteur, contrôle de l'enregistrement, paramétrage des mesures, angle de coupure, origine des coordonnées de référence. *Typiquement, on pourra aussi dès cette étape s'inspirer de l'aide sur le service de calcul en ligne sur le site du RGP : <https://rgp.ign.fr/>*

Le **Freeware TEQC** (Translate/Edit/Quality Check) de l'UNAVCO pouvait faciliter grandement la tâche de validation de cette phase, mais il ne prend pas en compte le format RINEX3.

On pourra en 2023 utiliser des outils plus récents, de manière indicative : Anubis-G-Nut™ software, GFZRNX depuis le GFZ Data Services, RTKLib™, etc

7.2.2 Bonne adéquation du traitement au chantier :

Le contrôle du traitement en réseau portera par conséquent sur :

. le type d'éphémérides, le modèle météo, la stratégie de traitement et sur le calcul des lignes de bases (logiciel, pourcentage de mesures rejetées, nombre de sauts, écarts-type, DOP's, comparaison ambiguïtés libres/fixées, visualisation des résidus par double-différence, compensation de lignes de base, choix de la pondération, résidus par station, par base, adaptation au réseau d'appui

L'outil de calcul en ligne proposé par l'IGN https://rgp.ign.fr/SERVICES/calcul_online.php peut être utilisé pour cette tâche de réalisation/validation du traitement GNSS.

Le contrôle en aval du traitement portera sur l'examen des rapports :

- les paramètres estimés (coordonnées, paramètres auxiliaires, biais systématiques)
- les résidus (estimation des erreurs de mesure)
- la matrice variance-covariance des coordonnées
- les écarts-types des résidus a posteriori ainsi que divers indicateurs statistiques.

Ce contrôle a posteriori se fait selon l'état de l'art pour le côté opérationnel. Il doit correspondre aux modèles stochastiques prévus pour l'échantillonnage et les seuils d'acceptation. Début 2023, bien que des réflexions soient menées au sein du CNIG pour la refonte des textes, c'est toujours [l'arrêté de 2003](https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000000794936) qui fait loi (<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000000794936>).

8 La diffusion des données

Comme évoqué plus haut, selon d'une part les résultats du contrôle qualité, d'autre part les souhaits du partenaire, après convention avec l'IGN, les repères de nivellement et de géodésie partenaires pourront être :

- diffusés dans la base de données IGN,
- diffusés comme un repère partenaire CANEX sans garantie IGN.

Ils figureront dans tous les cas sur l'interface cartographique IGN.

Ils pourront être téléchargés par les internautes sous licence ouverte. Cette licence, élaborée en concertation avec l'ensemble des acteurs concernés, facilite et encourage la réutilisation des données publiques mises à disposition gratuitement. La publication du décret n° 2017-638 prévu par l'article L 323-2 du CRPA fait de la LO 2.0 la licence de référence pour les administrations pour la publication de données publiques, aux côtés de l'ODbL (Open Database Licence), et permet ainsi son utilisation par l'ensemble des administrations.

9 Annexes

9.1 Annexe 1 : exemple de fiche signalétique d'un repère de nivellement de l'IGN

IGN *Nivellement Général de la France*

Repère de nivellement

Matricule :	A.G.L3 - 108	Système d'altitude : NGF-IGN 1969
		360,009 m
Année de dernière détermination : 2022		ALTITUDE NORMALE
Repère vu en place en 2022		

Type : **M REPERE CYLINDRIQUE DU NIVELLEMENT GENERAL**

Complément :

Système : RGF93 v1 (ETRS89) - Ellipsoïde : IAG GRS 1980

Longitude (dms) : **7° 17' 58.7" E** Latitude (dms) : **48° 56' 51.7" N**

Système : RGF93 v1 (ETRS89) - Projection : LAMBERT-93

E (km) : **1014.77** N (km) : **6880.54**

Département : **BAS RHIN** Numéro INSEE : **67509** Commune : **VOLKSBERG**

Voie suivie : **D.935**
de : **PUBERG** à : **VOLKSBERG**

Coté : **Droit** PK : **9,78** km Distance : **0,11** km du repère **A.G.L3 - 109**

Localisation : **AU NO 12 RUE PRINCIPALE**

Support : **MAIRIE DE VOLKSBERG**

Partie support : **SOUBASSEMENT DU MUR PIGNON LATERAL EST**

Repèrments : **A 0.42 M DE L'EXTREMITE SUD, COTE ROUTE**
A 0.50 M AU-DESSOUS DE L'ARETE SUPERIEURE

Remarques : **Exploitable par GPS depuis une station excentrée**
Ce repère appartient à un triplet.
Liste des repères du triplet : A.G.L3 - 108 , A.G.L3 - 109 , A.G.L3 - 110

Le repère est au centre de la photo Carte : 3714 BOUXWILLER

Avertissement

Compte-tenu des risques de déplacement des repères, il est indispensable de rattacher vos opérations de nivellement à plusieurs repères proches, ceci afin de contrôler leur stabilité. La responsabilité de l'IGN ne saurait être engagée en l'absence d'un tel contrôle. En savoir plus sur les mouvements verticaux. Toute remarque concernant la destruction, la disparition ou le mauvais état des repères doit être signalée au Service de Géodésie et de Métrologie : geodesie@ign.fr

© 2009 IGN - INSTITUT NATIONAL DE L'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE ET FORESTIÈRE
73 Avenue de Paris 94165 SAINT-MANDE CEDEX

9.2 Annexe 2 : exemples de fiche de site géodésique

IGN Réseau Géodésique Français

OLONNE-SUR-MER VIII

Département : VENDEE (85)	No du Site 8516608
Commune : LES SABLES D OLLONNE	Site du Réseau de base
Lieu-dit :	

Azimut de la prise de vue : 370 gr

Carte : 1227 SABLES-D'OLONNE (LES)

Repères a et c : détruits

vers Olonne

Situation topo : 3,2 km sud-est

8516608a

HASELBOURG A

Département : MOSELLE (57)
Commune : HASELBOURG
Lieu-dit : CIMETIERE

No du Site **57300A**
Site du Réseau de base



Azimut de la prise de vue : 200 gr



Carte : 3715 SAVERNE



9.3 Annexe 3 : exemple d'imprimé de contrôle de talons de mires

Institut national de l'information géographique et forestière Service de géodésie et de métrologie Unité des Réseaux Matérialisés	 <small>INSTITUT NATIONAL DE L'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE ET FORESTIÈRE</small>	Imprimé OGR-ERQ-10 Édition 1 du 07/04/2020
--	---	--

CONSTAT DE VÉRIFICATION DES MIRES CODE-BARRES ET CENTIMÉTRIQUES

N° constat	Désignation	N° OGR	Date	Nom du vérificateur	conclusion
		R			

Marque Zeiss Leica ou centimétrique : Ruban : Commentaires :	État de la poutre : Talon :
---	--

CONTRÔLE DES NIVELLES :

Réglage des nivelles (dispositif dans l'escalier) : **HAUT** **BAS**

CONTRÔLE DU TALON :

	Lecture 1	Lecture 2	Moyenne	Écart à l'étalon*
centre				
AVD				
ARD				
ARG				
AVG				
Retour centre				

AVG	CENTRE	AVD
ARG		ARD

Étalon = (centre + centre retour)/2 AV = avant AR = arrière
 *L'écart maximum doit être inférieur à 0,10 mm D = droit G = Gauche

CONTRÔLE DU ZÉRO : **Mesure mire étalon :** **Écart à un étalon en mm :**

Mesure mire contrôlée :

CONTRÔLE DU RUBAN (mire > 1 m) :

	Aller	Retour	DN	DN de référence	Différence
Lecture A					
Moyenne pour A					
Lecture B					
Moyenne pour B					
Lecture C					
Moyenne pour C					

9.4 Annexe 4 : exemple d'imprimé de contrôle de niveaux

Institut national de l'information géographique et forestière Service de géodésie et de métrologie Unité des Réseaux Matérialisés		Imprimé OGR-ERQ-11 Édition 1 du 07/04/2020
--	---	---

CONSTAT DE VÉRIFICATION DES NIVEAUX automatiques code-barres optique

N° constat	Désignation	N° OGR	Date	Nom du vérificateur	conclusion
		R			

Description et fonctionnement			
Marque et modèle :		Classe I (O/N)	
État extérieur et mécanique :		Nivelle :	
État électronique :			
Batteries :			
Chargeur :			
Câble ou système CF :			
Valise et description accessoires selon modèle :			
Commentaires :			

DEREGLEMENT :		<u>Validation du dérèglement</u>
Ancienne valeur		OUI <input type="checkbox"/> NON <input type="checkbox"/>
Nouvelle valeur		
Contrôle		
Différence nouvelle/ancienne		

CONTRÔLE SUR DN :			<p>A Repère boule Muret extérieur</p> <p>1</p> <p>2</p> <p>3</p> <p>4</p> <p>5</p> <p>Rivet près escalier B Accès barre H</p>
Denivelée étalon dn_{AB} (m)			
Stations	Valeur dn (m)	Écart à l'étalon (mm)	
station 1			
station 2			
station 3 (centrée)			
station 4			
station 5			

9.5 Annexe 5 : différences entre systèmes géodésiques



Géodinfo

La lettre du Service de Géodésie et de Métrologie

n°17 - Février 2023

Le WGS84 dans tous ses états

On ne présente plus le WGS 84, omniprésent depuis de nombreuses années dans notre vie quotidienne via le système de positionnement par satellite GPS. Tellement omniprésent en fait, que de nombreux utilisateurs de produits géodésiques confondent encore, par exemple, WGS 84 et RGF93. Il y a pourtant des différences, négligeables ou pas selon le niveau de précision recherché, entre le WGS 84 et les repères de référence géodésiques nationaux français qui sont aujourd'hui pratiquement partout des réalisations de l'ITRS (*International Terrestrial Reference System*).

Le WGS 84 et ses réalisations.

Depuis de nombreuses années, la [National Geospatial-Intelligence Agency \(NGA\)](#) s'efforce d'aligner le WGS 84 avec les réalisations successives de l'ITRF, à une époque donnée (fixée au moment du calcul). La dernière réalisation WGS84(G2139) est équivalente à l'ITRF2014 à l'époque 2016.0 au niveau centimétrique.

Les sept réalisations du WGS 84 publiées à ce jour peuvent être consultées dans le registre géodésique de l'ISO : <https://geodetic.iso/211.org/register/geodetic/datums>

Par contre, les utilisateurs « non autorisés » n'ont accès qu'à des possibilités d'exactitude limitée de calcul de coordonnées WGS 84. Cette limitation vient du fait que le seul accès à la référence WGS 84 se fait via des éphémérides radio-diffusées qui n'ont pas le niveau de précision de celles calculées par l'IGS pour l'accès à l'ITRF. Ainsi les informations délivrées par le système GPS permettent aux utilisateurs d'instruments de navigation d'obtenir typiquement (dans des conditions normales d'observation) des coordonnées WGS 84 précises à quelques mètres près seulement.



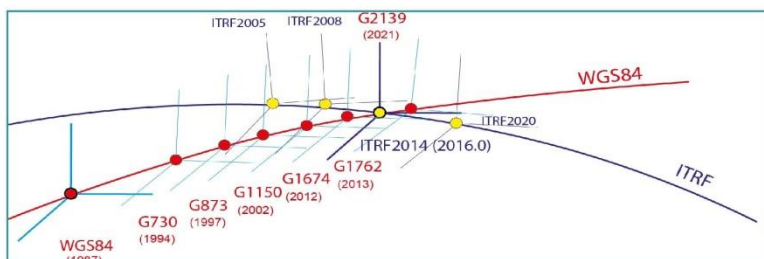
Les écarts entre le WGS 84 et les repères de référence français

Il n'existe pas de « transformation » ou « conversion » entre WGS 84 et les repères de référence nationaux (comme le RGF93). Il est cependant possible d'assimiler des coordonnées RGF93 à des coordonnées WGS 84 mais à un certain niveau de précision seulement, et ceci sans même tenir compte de l'imprécision inhérentes aux coordonnées WGS 84 mentionnée ci-dessus.

Ainsi, si on veut assimiler des coordonnées WGS 84 au RGF93, il faut garder présent à l'esprit :

- La dernière réalisation du WGS 84 (G2139) est équivalente à l'ITRF2014 à l'époque 2016.0 au niveau centimétrique.
- Le RGF93 (v2b) est quant à lui lié à l'ETRS89 (correspondant à l'ITRS à l'époque 1989.0) par réalisation ETRF2000 à l'époque 2019.0.
- Les différences entre ETRF2000 et ITRF2014, ainsi que les différentes époques de réalisation font que l'assimilation des coordonnées RGF93 à WGS 84 (et vice-versa) ne peut pas se faire avec une exactitude meilleure que 70 cm.

De plus, la prochaine réalisation de WGS 84 risque d'accroître cet écart (changement d'époque ou même d'ITRF). Il faut donc être très prudent lorsqu'on assimile le WGS 84 au RGF93 et vice-versa !



Rédaction : IGN/SGM geodesie@ign.fr <https://geodesie.ign.fr/index.php>

Un exemple ultra-marin

Par exemple, pour Saint-Pierre-et-Miquelon, si on veut assimiler des coordonnées RGSPM06 à du WGS 84, il faut prendre en compte les remarques ci-dessous :

La dernière réalisation du WGS 84 (G2139) est équivalente à l'ITRF2014 à l'époque 2016.0 au niveau centimétrique.

Le RGSPM06 est quant à lui une réalisation ITRF2008 à l'époque 2005.0.

Les (faibles) différences entre ITRF2008 et ITRF2014, et surtout les époques de réalisation différentes, font que l'assimilation des coordonnées RGSPM06 à WGS 84 (et vice-versa) peut actuellement se faire avec une exactitude de l'ordre de 27 cm.

De plus, la prochaine réalisation de WGS 84 risque d'accroître cet écart (changement d'époque ou même d'ITRF).



Pour en savoir plus

Le WGS 84 est décrit dans le document de la NGA : NGA.STND.0036_1.0.0_WGS84, téléchargeable depuis la page : <https://earth-info.nga.mil/php/download.php?file=coord-wgs84>

Les références nationales françaises légales, et en particulier leurs équivalences avec les ITRFs, sont décrites dans <https://geodesie.ign.fr/contenu/fichiers/documentation/SRCfrance.pdf>

Document de travail