

Jonctions des réseaux de nivellement entre la France métropolitaine et ses voisins

DIFFUSION OUVERTE

Février 2023

V1

1 Contexte.....	3
2 Synthèses des différentes frontières.....	4
2.1 Belgique.....	4
2.2 Luxembourg	7
2.3 Allemagne.....	8
2.4 Suisse.....	10
2.5 Italie.....	12
2.6 Espagne.....	14

1 Contexte

La France et ses voisins européens n'ont pas adopté les mêmes références pour leurs altitudes, ce qui se traduit par des décalages aux frontières.

L'Europe a mis en place un système de référence vertical européen, **EVR**S, et des réalisations successives de ce repère appelées **EVR**F : EVRF2000, EVRF2007 et EVRF2019 (avec deux sous-réalisations : marée nulle, et marée moyenne).

Le site internet officiel <https://www.crs-geo.eu/crs-national.htm> recense les différents repères de référence verticaux utilisés dans chaque pays européen, et indique pour chacun de ces repères les paramètres de transformation vers un ou plusieurs EVRF.

En accompagnement à cette évolution des références verticales, le Service de Géodésie et Métrologie a réalisé au fil des ans des rattachements en nivellement de précision entre les repères de nivellement français et des repères de nivellement étrangers, ce qui permet de calculer les décalages entre repères de manière ponctuelle le long des frontières.

Les résultats de ces travaux sont présentés ci-après. Ils sont issus de rapports internes du SGM. Les corrections publiées dans ce document sont en général des valeurs moyennes calculées sur plusieurs repères proches.

2 Synthèses des différentes frontières

2.1 Belgique

25 jonctions sont établies :

- 16 jonctions avaient été établies en 1999 sur la portion Dunkerque-Hirson. Quatorze d'entre elles ont été ré-observées en 2013. Les jonctions n°15 et 16 n'ont pas été ré-observées mais une autre liaison très proche a été établie.
- 9 nouvelles jonctions ont été établies en 2013 (dont une commune avec le Luxembourg).

Les observations ont été effectuées avec un niveau Zeiss-Dini et des mires à code barre en nivellement géométrique classique (à pied), en suivant les règles de l'art (aller simple quand contrôle de stabilité possible, aller-retour dans les autres cas).

Les travaux de terrain ont été effectués par plusieurs équipes, entre les mois de mars et de novembre 2013.

Les écarts entre les systèmes altimétriques français et belges sont notamment dû aux choix faits par chaque pays pour fixer l'origine de ses altitudes (ou zéro du nivellement).

En France, le zéro correspond au niveau moyen de la Méditerranée à Marseille, fixé à partir d'observations marégraphiques réalisées dans ce port entre février 1885 et décembre 1896 ; en Belgique il est déterminé à partir du niveau moyen des basses mers à Ostende.

Parce que l'observation de grands réseaux de nivellement est malheureusement entachée d'erreurs systématiques, les écarts entre les altitudes françaises et belges croissent globalement du nord-ouest (Dunkerque) vers le sud-est (Luxembourg). Ce rapport précise dans quelles proportions.

Les altitudes belges sont exprimées dans le système altimétrique « Deuxième nivellement général (DNG) ».

Jonction	écart moyen (m) NGF-IGN69 – DNG
Ghyvelde - La Panne	-1.726
Ghyvelde - Houtem	-1.708
Les Moères - Houtem	-1.715
Hondschoote - Houtem	-1.705
Boeschepe - Abele	-1.719
Steenwerck - Nieuwkerke	-1.734
Armentières - Le Bizet	-1.744
Frelinghien – Le Touquet	-1.751
Comines - Werkik	-1.752
Wattrelos - Estaimpuis	-1.752
Baisieux - Hertain	-1.731
Mouchin - Rumes	-1.735
Maulde - Bleharies	-1.728
Quiévrechain (Blanc-Misseron) - Quiévrain	-1.753
Bry - Roisin	-1.750
Bettignies - Quevy	-1.780
Cousolre - Bersillies-L'Abbaye	-1.778
Cousolre - Leugnies	-1.774
Trélon - Macon	-1.783
Signy-le-Petit (La Gruerie) - Riezes	-1.773
Regniowez - L'Escallère	-1.774
Givet - Hermenont	-1.788
Gespunsart - Pussemange	-1.797
Ecouvier - Rouvroi	-1.809
Longlaville-Aurange	-1.806

La jonction n°15b (Ghyvelde - Houtem) ne figure pas sur la carte ci-dessous car elle est très proche de la jonction n°16 et établie côté français sur un seul repère de 4^{ème} ordre.

Sur la carte suivante, les écarts entre systèmes altimétriques nationaux, précédés des numéros des jonctions, sont exprimés en mètres (toujours dans le sens « altitude française » moins « altitude étrangère »). Les écarts avec la Belgique sont en rouge, ceux avec le Luxembourg en vert.

Globalement, les écarts croissent du nord-ouest vers le sud-est. L'accroissement est de l'ordre de 10 cm le long de la frontière franco-belge.



2.2 Luxembourg

Quatre jonctions ont été établies.

Les observations ont été effectuées avec un niveau Zeiss-Dini et des mires à code barre en nivellement géométrique classique (à pied), en suivant les règles de l'art (aller simple quand contrôle de stabilité possible, aller-retour dans les autres cas).

Les travaux de terrain ont été effectués par plusieurs équipes, entre les mois de mars et de novembre 2013.

Les écarts entre les systèmes altimétriques français et luxembourgeois sont notamment dû aux choix faits par chaque pays pour fixer l'origine de ses altitudes (ou zéro du nivellement).

En France, le zéro correspond au niveau moyen de la Méditerranée à Marseille, fixé à partir d'observations marégraphiques réalisées dans ce port entre février 1885 et décembre 1896 ; au Luxembourg, c'est le zéro normal allemand (Normalnull), déterminé à partir du niveau moyen de la mer du Nord qui se trouvait précisément 37 mètres sous le point d'altitude normale défini à l'ancien observatoire de Berlin.

Parce que l'observation de grands réseaux de nivellement est malheureusement entachée d'erreurs systématiques, les écarts entre les altitudes françaises et belges croissent globalement du nord-ouest (Dunkerque) vers le sud-est (Luxembourg). Ce rapport précise dans quelles proportions.

Les altitudes luxembourgeoises sont publiées dans le système « Nivellement général du Grand-Duché de Luxembourg 1995 » (NG95).

Jonction	écart moyen (m) NGF-IGN69 – NG95
Longlaville - Rodange	0.551
Ottange-Rumelange	0.545
Evrange - Frisange	0.560
Apach - Shengen	0.566



2.3 Allemagne

Dix jonctions récentes existent aujourd'hui entre les deux réseaux. Les travaux de terrain ont été effectués par plusieurs équipes, en 2021 et 2022.

Les écarts entre les systèmes altimétriques nationaux sont dus aux erreurs systématiques inhérentes aux processus d'observation et de calcul ayant conduit à leurs réalisations, et aux choix faits par chaque pays pour fixer l'origine de ses altitudes (ou zéro du nivellement).

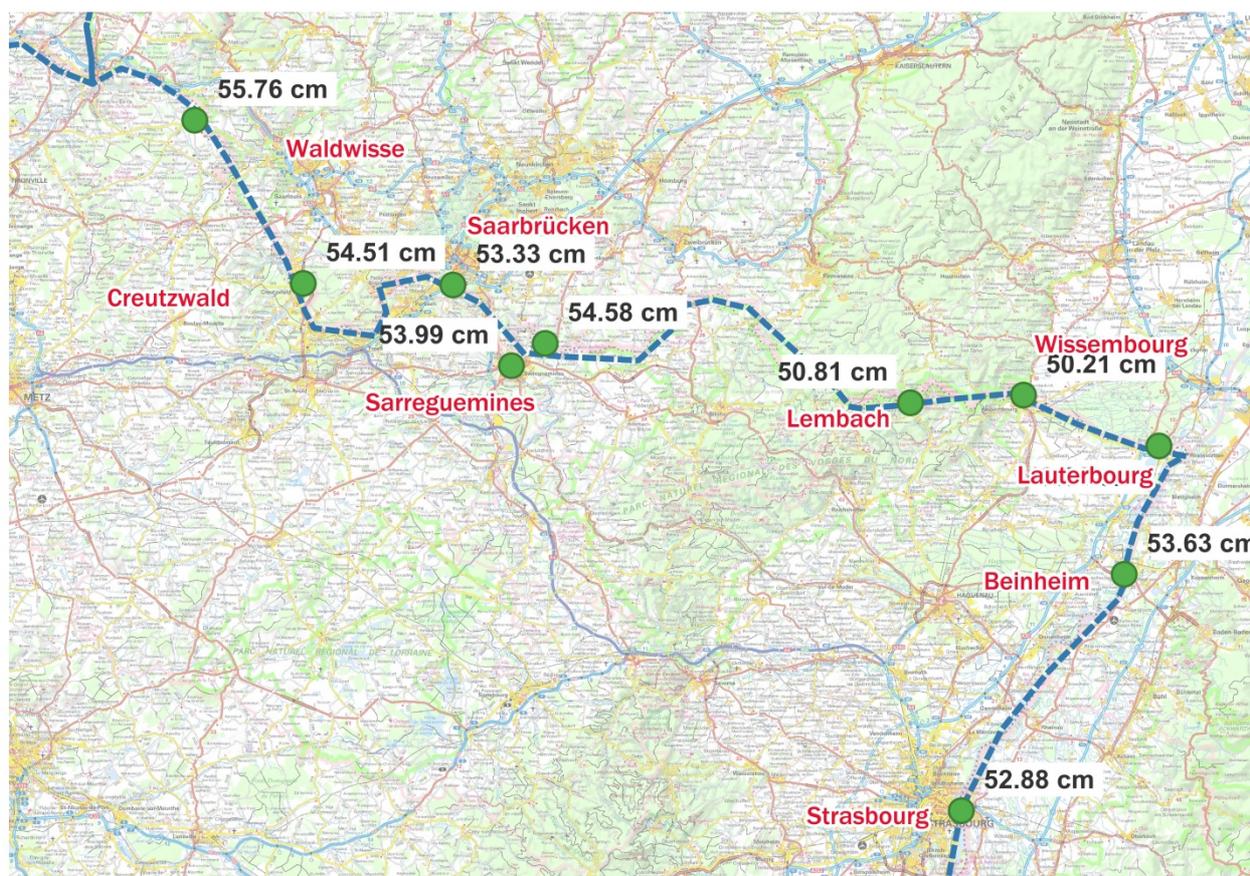
En France, le zéro correspond au niveau moyen de la Méditerranée à Marseille, fixé à partir d'observations marégraphiques réalisées dans ce port entre février 1885 et décembre 1896 ; en Allemagne il est déterminé à partir du niveau moyen des mers à Amsterdam.

Les altitudes allemandes sont publiées dans le système DHHN16 en vigueur au moment de la rédaction de ce document.

Parce que l'observation de grands réseaux de nivellement est malheureusement entachée d'erreurs systématiques, les écarts entre les altitudes françaises et allemandes varient le long de la frontière. Ce rapport précise dans quelles proportions.

Land	Rattachement	écart moyen (m) NGF-IGN69 – DHHN16
Bade-Wurtemberg	Strasbourg - Kehl	0,5288
Bade-Wurtemberg	Beinheim - Iffezheim	0,5363
Rhénanie-Palatinat	Lauterbourg - Berg	0,4968
Rhénanie-Palatinat	Wissembourg - Schweigen-Rechtenbach	0,5021
Rhénanie-Palatinat	Lembach - Hirschthal	0,5081
Sarre	Frauenberg - Habkirchen	0,5458
Sarre	Sarreguemines - Rilchingen-Hanweiler	0,5399
Sarre	Stiring-Wendel - Saarbrücken	0,5533
Sarre	Creutzwald - Uberherrn	0,5451
Sarre	Walwisse - Biringen	0,5576

Remarque : les données ci-dessus sont en cours de validation



2.4 Suisse

Douze jonctions existent aujourd’hui entre les deux réseaux, dont seulement 4 ont été mises à jour ou partiellement mises à jour par l’IGN en 2016.

Les observations françaises de 2016 ont été effectuées avec un niveau Zeiss-Dini et des mires à code barre en nivellement géométrique classique (à pied), en suivant les règles de l’art (aller simple quand contrôle de stabilité possible, aller-retour dans les autres cas).

Les travaux de terrain ont été effectués par plusieurs équipes, entre les mois de mars et de novembre 2016.

D’autres observations ont été réalisées dans le cadre du NIREF en 2021.

Le référentiel altimétrique suisse officiel est le NF02 (nivellement fédéral de 1902). Le point fondamental (la pierre du Niton) a été fixé à l’altitude de 373.600 m, déduite des observations françaises effectuées à partir du marégraphe de Marseille (niveau moyen de la Méditerranée dans ce port, fixé à partir d’observations marégraphiques réalisées entre février 1885 et décembre 1896).

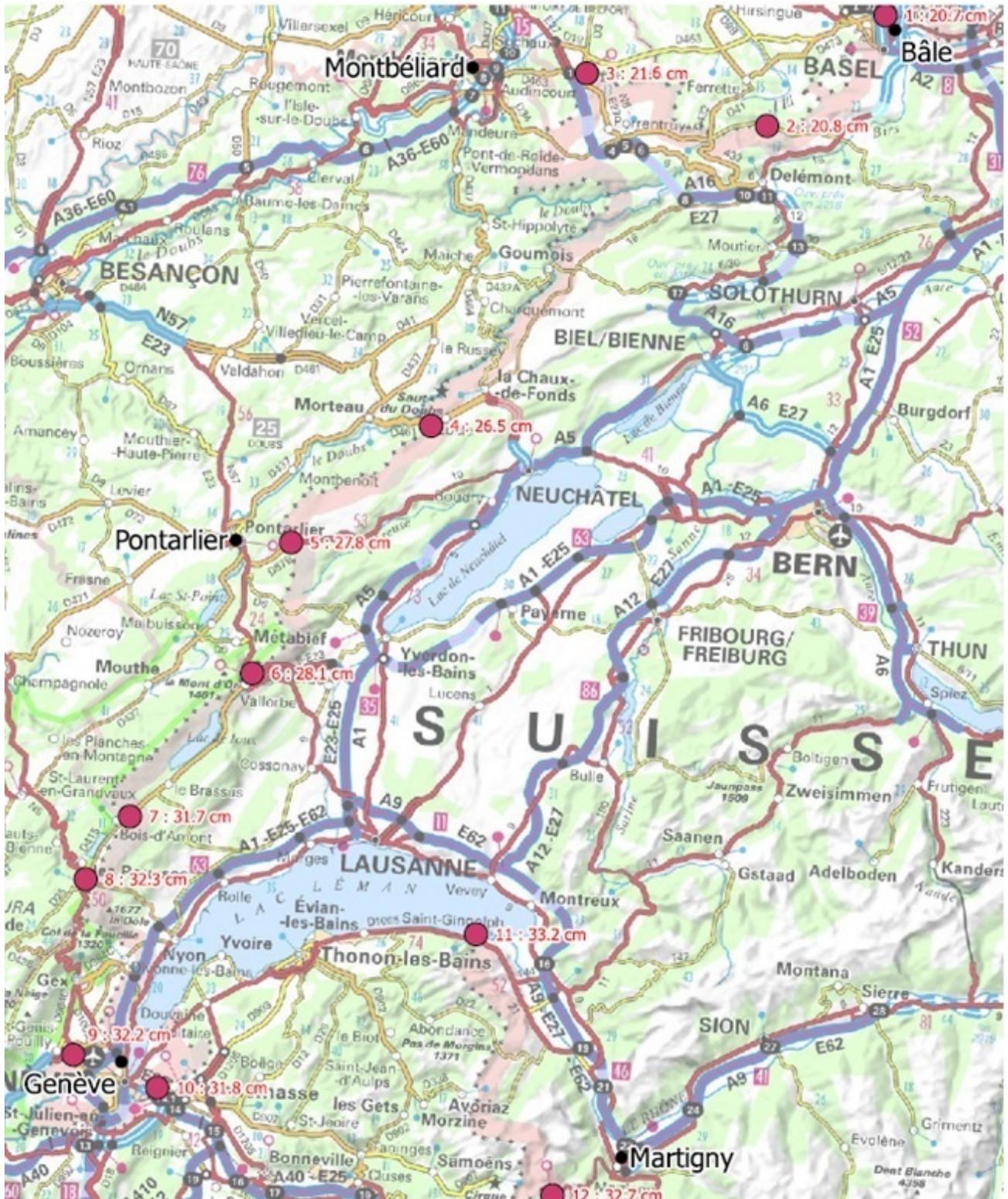
L’origine des deux réseaux suisse et français (ou zéro des nivellements) est donc identique, mais, parce que l’observation de grands réseaux de nivellement est entachée d’erreurs systématiques, les écarts entre les altitudes françaises et suisses varient le long de la frontière. Ce rapport précise dans quelles proportions.

Les 12 liaisons sont présentées dans le tableau ci-dessous et sur la carte ci-après.

Numéro	Nom de la jonction	Écart ancien (m) NGF-IGN69 – NF02	Écart mis à jour (m) NGF-IGN69 – NF02
1	Saint-Louis - Bâle	0.198	0.207
2	Kiffis	0.193	0.208
3	Delle - Boncourt	0.188	0.216
4	Col des Roches	0.248	0.265
5	Verrière-de-Joux - Les Verrières	0.259	0.278
6	Jougne - Vallorbe		0.281
7	Bois d’Amont		0.317
8	La Cure – Col de la Givrine	0.280	0.323
9	Saint-Genis-Pouilly - Meyrin		0.322
10	Gaillard-Annemasse - Moillesullaz	0.314	0.318
11	Saint-Gingolph		0.332
12	Vallorcine – Le Châtelard		0.327

Remarque 1 : notons des variations assez conséquentes entre les écarts précédemment admis à l'IGN (avant 2016) et ceux mis à jour récemment.

Remarque 2 : l'écart mis à jour à Kiffis (valeur en rouge dans le tableau ci-dessus) n'a pas été mesuré récemment, il a simplement été interpolé à partir des écarts constatés pour les jonctions 1 et 3.



2.5 Italie

Les travaux de terrain ont été effectués par plusieurs équipes en 2019 et 2020.

L'origine du « Rete Altimetrica di Alta Precisione » (sur les fiches) ou « Rete altimetrica fondamentale » (sur le REA), réseau italien de nivellement de précision, est définie par rapport au niveau moyen de la mer à Gênes. Ce dernier a été déterminé à l'issue d'observations marégraphiques réalisées entre 1937 et 1946 (le marégraphe de Gênes a remplacé celui de Trieste qui servit à définir le zéro de 1875 à 1937). Les altitudes italiennes sont de type orthométrique.

L'écart entre les altitudes françaises et italiennes provient à la fois :

- d'origines différentes : niveau moyen de la mer à Marseille en France et niveau analogue à Gênes en Italie ;
- du type d'altitude choisi : altitudes normales en France et altitudes orthométriques en Italie ;
- des biais inhérents aux réseaux de nivellements de grande étendue.

Aujourd'hui, il existe 9 liaisons entre les réseaux de nivellements français et italiens. Les écarts présentés ci-après ont été obtenus en soustrayant l'altitude légale italienne de l'altitude légale française. Ces écarts sont d'abord présentés ci-dessous du nord au sud de la frontière. Les écarts anciens reprennent les valeurs qui figurent dans le tableau ci-dessus. Les écarts récents ont été obtenus au moyen des observations réalisées entre 2007 et 2020.

Localisation	Écart ancien (m)	Écart récent (m) NGF-IGN69 – altitude italienne
Mont-Blanc	0.032	
Col du Petit Saint-Bernard	0.085	0.061
Col du Mont Cenis	0.112	0.089
Tunnel de Fréjus	0.048	
Col de Montgenèvre	0.150	0.173
Col de Larche (ou de la Madeleine)	0.232	0.140
Col de la Lombarde	0.342	0.333
Sospel		0.066
Pont Saint-Louis	0.103	0.081

Les résultats ne sont pas d'une grande cohérence, avec notamment une variation d'écart surprenante au col de Larche.

Si l'on présente les mêmes résultats classés par altitude décroissante, et en ne considérant quand c'est possible que l'écart le plus récent, on obtient les résultats suivants :

Localisation	Altitude (m)	Écart (m)
Col de la Lombarde	2330	0.333
Petit Saint-Bernard	2153	0.061
Col de Larche	1998	0.140
Montgenèvre	1756	0.173
Mont-Cenis	1685	0.089
Mont-Blanc	1382	0.032
Tunnel de Fréjus	1294	0.048
Sospel	172	0.066
Pont Saint-Louis	97	0.080

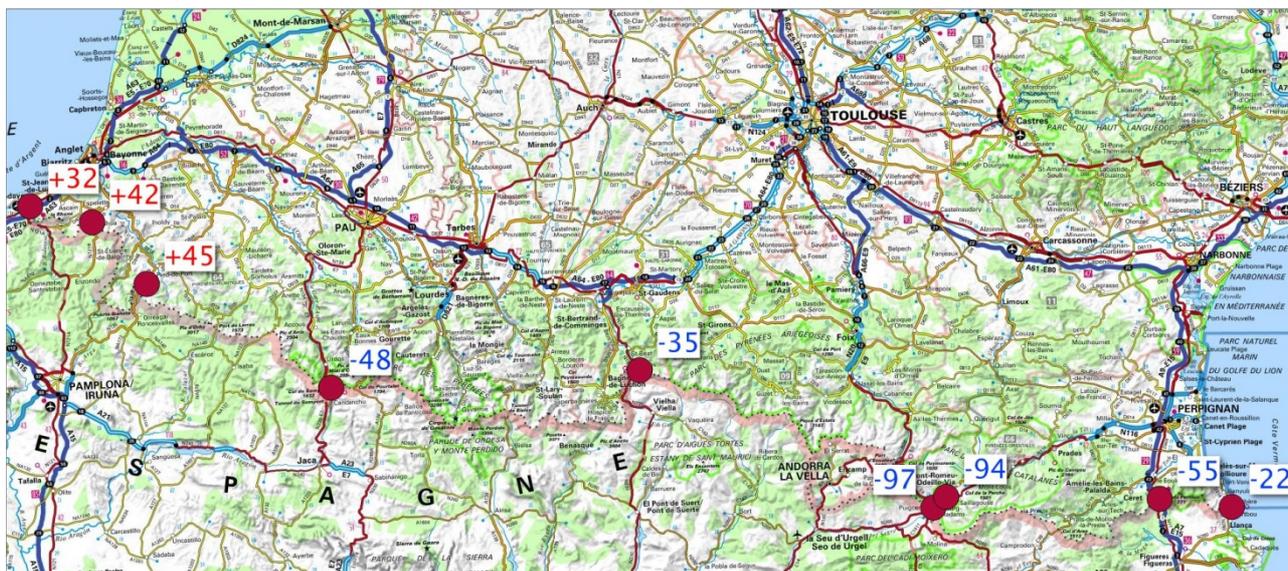
2.6 Espagne

Les observations françaises de 2017 ont été effectuées avec un niveau Zeiss-Dini et des mires à code barre en nivellement géométrique classique (à pied), en suivant les règles de l'art (aller simple quand contrôle de stabilité possible, aller-retour dans les autres cas).

Les travaux de terrain ont été effectués par plusieurs équipes, entre les mois de mars et de novembre 2017.

L'origine du « Red Española de Nivelación de Alta Precisión » (Red Nap), réseau espagnol de nivellement de précision, est définie par rapport au niveau moyen de la mer à Alicante (NMMA). Ce dernier a été déterminé à l'issue d'observations marégraphiques réalisées entre 1870 et 1880. Les altitudes espagnoles sont de type orthométrique.

N° de la jonction	Localisation	Région espagnole	Altitude (m) approximative	Écart moyen (mm) : (altitudes françaises) – (altitudes espagnoles)
1	Béhobie	Pays-Basque et Navarre	5	+ 32
2	Dantxarinea	Pays-Basque et Navarre	68	+ 42
3	Arnéguy	Pays-Basque et Navarre	245	+ 45
4	Col du Somport	Aragon	1633	- 48
5	Pont-du-Roi	Catalogne	583	- 35
6	Bourg-Madame	Catalogne	1140	- 97
7	Llivia	Catalogne	1218	- 94
8	Le Perthus	Catalogne	243	- 55
9	Cerbère - Port-Bou	Catalogne	170	- 22



Écarts en millimètres (altitude française officielle moins altitude espagnole officielle)
Les écarts positifs apparaissent en rouge, les écarts négatifs en bleu.

Nous pouvons constater que les écarts dépendent de l'altitude de la jonction (ce qui paraît logique étant donné que les altitudes françaises sont des altitudes normales et que les altitudes espagnoles sont des altitudes orthométriques).

Le lien entre écart et altitude est bien visible du côté du côté Pays-Basque, où les écarts augmentent avec l'altitude (3 valeurs rouges positives). C'est aussi le cas en Catalogne (les 5 écarts les plus à l'est), où les écarts, négatifs, sont à peu près proportionnels à l'altitude.

L'écart au Col du Somport paraît plus étonnant.

Notons que les variations peuvent aussi être dues au fait que les nivellements de jonction sont souvent faits en antenne¹ des deux côtés de la frontière.

Les valeurs qui figurent dans le tableau précédent et sur la carte ci-dessus sont ceux qu'il faudrait par exemple utiliser dans le cas de la construction d'un ouvrage d'art entre la France et l'Espagne.

Mais il faut noter que les variations d'écarts constatées le long de la frontière et affichées sur la carte ne sont pas facilement explicables.

¹ Un cheminement de nivellement en antenne est un cheminement où l'altitude de départ est connue, mais où l'altitude d'arrivée ne l'est pas ; il ne met donc pas en évidence un « écart de fermeture ». Un cheminement en antenne s'oppose ainsi à un cheminement encadré ou à un cheminement fermé, où l'écart de fermeture peut être compensé au calcul.