

Précision nécessaire au géoréférencement en classe A des réseaux neufs

Contenu

Définition de la classe A	2
Valeurs de tolérance de géoréférencement compatible avec la classe A.....	2
Selon la norme NF NF S70-003-3 Partie 3 Géoréférencement des ouvrages	2
Vérification selon l'arrêté du 16 septembre 2003	3
Selon le fascicule 2	5
Vérification selon l'arrêté du 16 septembre 2003	5
Selon le QCM du fascicule 2	7
Zone d'incertitude ou écart maximum ?	7
Pourquoi les valeurs de précision sont différentes en XY et en Z ?	8
Conclusion sur la précision des mesures pour les réseaux neufs	9

Après avoir pris connaissance de tous les documents de référence, il faut constater qu'il est très difficile de déterminer :

- Quelle est la tolérance en XY, et en Z des mesures
- Si cette tolérance constitue la plage d'erreur totale, ou un écart maximal (+/-)

Pourquoi ce doute ?

Parce que les documents de références donnent des valeurs et des définitions contradictoires.

Pour trancher cette question, nous avons repris les définitions à la base, et fait l'inventaire des données contradictoires fournies.

Par le calcul nous avons vérifié les valeurs données, pour trier les bonnes des mauvaises.

Il est très important de rappeler que ce document ne traite que de la classe A pour le géoréférencement des réseaux neufs, car pour les relevés par détection, le Fascicule 2 version 2 précise Page 69 et 70, que d'autres valeurs et dispositions s'appliquent.

Egalement, les valeurs dérogatoires pour les réseaux souples (50cm) ou les branchements ne sont pas traitées.

Définition de la classe A

La classe A est définie dans l'arrêté du 15 février 2012 :

1° Ecart en position : distance entre la position d'un point selon des mesures effectuées en application du présent arrêté et la position de ce même point selon des mesures de contrôle effectuées conformément à l'arrêté du 16 septembre 2003 susvisé ;

2° Incertitude maximale de localisation : seuil à ne pas dépasser par les mesures d'écart de position ; l'incertitude maximale de localisation est par défaut celle de la classe de précision de l'ouvrage ou du tronçon d'ouvrage correspondant ; toutefois, une valeur plus faible peut être utilisée si elle est garantie par des résultats de mesures effectuées par un prestataire certifié conformément à l'article R. 554-23 ou l'article R. 554-34 du code de l'environnement, ou sous la responsabilité directe de l'exploitant ;

3° Classes de précision cartographique des ouvrages en service :

- classe A : un ouvrage ou tronçon d'ouvrage est rangé dans la classe A si l'incertitude maximale de localisation indiquée par son exploitant est inférieure ou égale à 40 cm et s'il est rigide, ou à 50 cm s'il est flexible ; l'incertitude maximale est portée à 80 cm pour les ouvrages souterrains de génie civil attachés aux installations destinées à la circulation de véhicules de transport ferroviaire ou guidé lorsque ces ouvrages ont été construits antérieurement au 1er janvier 2011 ;

Il s'agit selon l'arrêté d'un écart maximum de 40 cm entre la position indiquée et la position contrôlée. Cet écart de 40 cm s'entend bien en +/-

En clair, un élément de réseau est correctement géoréférencé en classe A si sa position réelle et située dans une sphère de diamètre 40cm, centrée sur les coordonnées du point.

Par soucis de simplification, le fascicule 2, Page 92, le présente comme un cube.

/ ! \ Cette définition de la classe A ne s'applique qu'aux récolements de réseaux neufs, potentiellement mesurés en fouille ouverte. Pour le géoréférencement d'ouvrages détectés, une autre tolérance s'applique

Valeurs de tolérance de géoréférencement compatible avec la classe A

Selon la norme NF NF S70-003-3 Partie 3 Géoréférencement des ouvrages

5.2 Précisions exigées pour le géoréférencement d'ouvrages

Afin de garantir la classe A [8], il est recommandé d'effectuer des contrôles conformément à l'arrêté du 16 septembre 2003 [3] (voir Annexe D). L'incertitude ne repose que sur la mesure de géoréférencement.

Type de mesure	Classe de précision	Écart moyen	Valeur du 1 ^{er} seuil	Valeur du 2 nd seuil (incertitude maximale de localisation)
Planimétrie	10 cm	11,25 cm	27 cm	41 cm
Altimétrie	11 cm	12,38 cm	40 cm	60 cm

Le responsable de projet peut fixer des exigences supplémentaires en matière de précision.

➔ Donc 10cm en XY, 11 cm en Z ?

Vérification selon l'arrêté du 16 septembre 2003

Une mesure n'est considérée comme mesure de contrôle que lorsque sont mis en œuvre des procédés fournissant une précision meilleure que celle de la classe de précision recherchée, avec un coefficient de sécurité C au moins égal à 2. C est le rapport entre la classe de précision des points à contrôler et celle des déterminations de contrôle, classe de précision qui est elle-même évaluée selon les règles de l'art. La taille et la composition de l'échantillon d'objets géographiques de contrôle sont précisées par contrat.

Art. 5. – Pour tout échantillon comportant N objets géographiques, on calcule l'écart moyen en position $E_{moy\ pos}$. Celui-ci est défini par la moyenne arithmétique des écarts en position E_{pos} , relevés sur les points des objets géographiques. On dit que la population dont est issu l'échantillon comportant N objets est de classe de précision $[xx]$ cm lorsque simultanément les trois conditions a , b , et c , sont remplies :

a) L'écart moyen en position $E_{moy\ pos}$ de l'échantillon est inférieur à

$$[xx] \times \left(1 + \frac{1}{2 \times C^2} \right) \text{ cm}$$

(C étant le coefficient de sécurité des mesures de contrôle),

$$\text{En XY: } 10 \text{ cm} \times \left(1 + \frac{1}{2 \times 2^2} \right) = 11.25 \text{ cm}$$

$$\text{En Z } 11 \text{ cm} \times \left(1 + \frac{1}{2 \times 2^2} \right) = 12.38 \text{ cm}$$

b) Le nombre N' d'écarts dépassant le premier seuil

$$T = k \times [xx] \times \left(1 + \frac{1}{2 \times C^2} \right)$$

Calcul du 1^{er} seuil, T1 :

$$\text{En XY: } 2.42 \times 10 \text{ cm} \times \left(1 + \frac{1}{2 \times 2^2} \right) = 27.23 \text{ cm}$$

$$\text{En Z } 3.23 \times 11 \text{ cm} \times \left(1 + \frac{1}{2 \times 2^2} \right) = 39.97 \text{ cm}$$

n'excède pas l'entier immédiatement supérieur à $0,01 \times N + 0,232 \times \sqrt{N}$

(où k prend les valeurs indiquées dans la table 1 en fonction du nombre n de coordonnées caractérisant la position des objets géographiques et suivant la même loi statistique).

Calcul de N' maximum, soit le nombre de mesures, sur un total de N, ayant un écart dépassant T :

Si N = 10 mesures de contrôle, le nombre maximum de mesures de contrôle indiquant un dépassement de l'écart ci-dessus calculé est :

$$\begin{aligned} \text{En XY: } & 0,01 \times 10 + 0,232 \times \sqrt{10} = 0,83 \approx 1 \\ \text{En Z: } & \textit{idem} \end{aligned}$$

Table 1 : valeurs du coefficient k en fonction du nombre n de coordonnées caractérisant la position des objets géographiques considérés et suivant la même loi statistique.

<i>n</i>	1	2	3
<i>k</i>	3,23	2,42	2,11

c) Aucun écart en position dans l'échantillon n'excède le second seuil

$$T = 1,5 \times k \times [xx] \times \left(1 + \frac{1}{2 \times C^2} \right)$$

L'écart maximum T2 qui ne doit jamais être dépassé pour aucune mesure est:

$$\begin{aligned} \text{En XY: } & 1,5 \times 2,42 \times 10 \text{ cm} \times \left(1 + \frac{1}{2 \times 2^2} \right) = 40,84 \text{ cm} \\ \text{En Z } & 1,5 \times 3,23 \times 11 \text{ cm} \times \left(1 + \frac{1}{2 \times 2^2} \right) = 59,96 \text{ cm} \end{aligned}$$

Les calculs du tableau 3 sont donc vérifiés par l'arrêté du 16 septembre 2003.

Par contre l'incertitude maximale en Z de 60 cm ne correspond pas à la définition de la classe A.

Ce tableau est valable pour la précision XY, pas pour le Z.

Selon le fascicule 2

4.3.1 CLASSES DE PRÉCISION

Depuis le 1er juillet 2012 il est obligatoire de fournir les coordonnées géoréférencées des réseaux et ouvrages réalisés, dans la classe de précision A. Cette classe est définie par l'incertitude maximale de localisation des dits réseaux et ouvrages. Selon l'article 5 de l'arrêté du 16 septembre 2003, cette incertitude maximale de 40 cm (pour les réseaux rigides) correspond à une précision de 10 cm (en planimétrie) :

Dimensions	Précision	Écart moyen inférieur à	1 ^{er} seuil (tolérance doit contenir 99% des écarts)	2 ^e seuil (incertitude maximale de localisation)
1 (altimétrie ou écart/ligne)	7,5 cm	8.4 cm	27.3 cm	40,9 cm
2 (planimétrie)	10 cm	11,25 cm	27,2 cm	40,8 cm
3 (3D isotrope) ¹¹	11,5 cm	12,9 cm	27,3 cm	40,9 cm

1 - Classe de précision A applicable aux réseaux neufs

→ Donc 10cm en XY, 7.5 cm en Z ?

Vérification selon l'arrêté du 16 septembre 2003

a) L'écart moyen en position $E_{moy\ pos}$ de l'échantillon est inférieur à

$$[xx] \times \left(1 + \frac{1}{2 \times C^2} \right) \text{ cm}$$

(C étant le coefficient de sécurité des mesures de contrôle),

$$\text{En XY: } 10 \text{ cm} \times \left(1 + \frac{1}{2 \times 2^2} \right) = 11.25 \text{ cm}$$

$$\text{En Z } 7.5 \text{ cm} \times \left(1 + \frac{1}{2 \times 2^2} \right) = 8.44 \text{ cm}$$

b) Le nombre N' d'écarts dépassant le premier seuil

$$T = k \times [xx] \times \left(1 + \frac{1}{2 \times C^2} \right)$$

$$\text{En XY: } 2.42 \times 10 \text{ cm} \times \left(1 + \frac{1}{2 \times 2^2} \right) = 27.23 \text{ cm}$$

$$\text{En Z } 3.23 \times 7.5 \text{ cm} \times \left(1 + \frac{1}{2 \times 2^2} \right) = 27.25 \text{ cm}$$

n'excède pas l'entier immédiatement supérieur à $0,01 \times N + 0,232 \times \sqrt{N}$

(où k prend les valeurs indiquées dans la table 1 en fonction du nombre n de coordonnées caractérisant la position des objets géographiques et suivant la même loi statistique).

Si N = 10 mesures de contrôle, le nombre maximum de mesures de contrôle indiquant un dépassement de l'écart ci-dessus calculé est :

$$\begin{aligned} \text{En XY: } & 0,01 \times 10 + 0,232 \times \sqrt{10} = 0,83 \approx 1 \\ \text{En Z: } & \textit{idem} \end{aligned}$$

Table 1 : valeurs du coefficient k en fonction du nombre n de coordonnées caractérisant la position des objets géographiques considérés et suivant la même loi statistique.

n	1	2	3
k	3,23	2,42	2,11

c) Aucun écart en position dans l'échantillon n'excède le second seuil

$$T = 1,5 \times k \times [xx] \times \left(1 + \frac{1}{2 \times C^2} \right)$$

L'écart maximum qui ne doit jamais être dépassé pour aucune mesure est:

$$\begin{aligned} \text{En XY: } & 1,5 \times 2,42 \times 10 \text{ cm} \times \left(1 + \frac{1}{2 \times 2^2} \right) = 40,84 \text{ cm} \\ \text{En Z } & 1,5 \times 3,23 \times 7,5 \text{ cm} \times \left(1 + \frac{1}{2 \times 2^2} \right) = 40,88 \text{ cm} \end{aligned}$$

Le tableau du fascicule 2 est donc vérifié par l'arrêté du 16 septembre 2003. Les classes de précision correspondent (en arrondissant) à une incertitude maximale de localisation de 40 cm (définition de la classe A).

Donc la précision requise est un cercle de rayon 10 cm en XY, une tolérance de +/- 7.5 cm en Z

Selon le QCM du fascicule 2

8) Une entreprise certifiée pour réaliser les opérations de géoréférencement a fourni des points de base avec des coordonnées en RGF93-CC46. En utilisant ces points, avec quelle précision dois-je effectuer mes mesures afin de pouvoir fournir la position en classe A de la génératrice supérieure du réseau souple que j'ai posé ?

- a) 40 cm
- b) 14 cm
- c) 8 cm
- d) 1 m 50
- e) ne se prononce pas

Réponse C

→ 8cm en Z ? c'est supérieur à 7.5 cm

Mais cette réponse est donnée pour une mesure indirecte en XY, basée sur des points de référence.

Elle s'explique dans le chapitre :

4.3.3 CUMUL DES ERREURS, du fascicule 2

Les différentes erreurs qui peuvent intervenir lors du relevé d'un réseau ne se cumulent pas forcément, elles peuvent aussi s'annuler, en totalité ou partiellement. C'est pour cela que l'on utilise une combinaison

quadratique de ces écarts : $E_t = \sqrt{e_1^2 + e_2^2 + e_3^2}$ où e_1, e_2, e_3 représentent les différents écarts combinés pour former l'écart total E_t . Par exemple, pour déterminer les coordonnées géoréférencées, on combine l'écart sur la détermination du point (par ex. 3cm) avec l'écart sur le rattachement au système de référence (5 cm) pour

Inversement, si l'on considère la classe A (précision 10 cm) et la précision du géoréférencement (5 cm), il est possible de calculer l'écart maximal autorisé pour les mesures¹² : $\sqrt{10^2 - 5^2} = \sqrt{100 - 25} = \sqrt{75} = 8.7 \text{ cm}$.

Précision des différents types de relevés

Technique utilisée	Précision espérée	Observations
Mesure au décimètre	±2 cm	Utilisation d'un fil à plomb, d'une mire ou d'une canne à niveau
Tachéomètre (station totale)	±1 cm	
GNSS (GPS)	± 3cm	En RTK, entre deux points relevés
Niveau de chantier	±1 cm	Pour les altitudes (±5 cm pour les distances)
Géoréférencement	±5 cm	C'est la précision du réseau de base de l'IGN

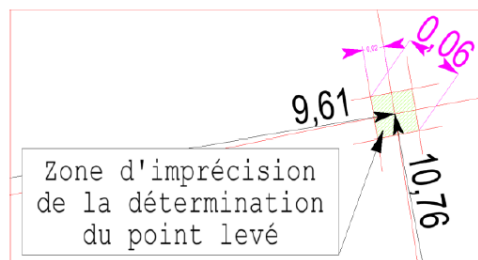
Ces précisions s'entendent en appliquant un mode opératoire approprié, des lors qu'une technique est mal mise en œuvre sa précision se dégrade très vite et très fortement.

Cette valeur de 8 cm en Z est équivoque, elle ne devrait pas être retenue.

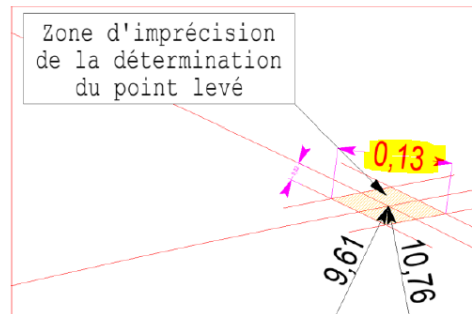
Zone d'incertitude ou écart maximum ?

La question se pose, car il y a à ce sujet une interrogation dans le fascicule 2 :

Le fascicule 2 (guide technique) stipule qu'une zone d'imprécision de 13 cm (donc 6.5 cm d'écart maximum) ne correspond pas à de la classe A. Est-ce une erreur ?



6 Intersection perpendiculaire



7 Intersection oblique

Les deux images illustrent la mesure d'un point d'un réseau par intersection, dans le premier cas les mesures forment un angle droit et avec une incertitude de ± 2 cm sur chaque mesure on obtient une zone d'incertitude carrée de 4 cm de côté.

Dans le second cas, les mesures forment un angle d'environ 40° , avec la même incertitude de ± 2 cm sur chaque mesure on obtient maintenant une zone d'incertitude en forme de losange dont la plus grande longueur fait 13 cm. Ceci est incompatible avec la classe A !

Pourtant nous avons vu dans la définition de la classe A, suivant l'arrêté du 15 février 2012, que la tolérance doit bien être vue comme un écart maximum de 40 cm entre la position indiquée et la position contrôlée. Que cet écart de 40 cm s'entend bien en +/-

Cette technique de mesure est bien indirecte, comme dans le QCM. Si les points de références ont déjà une erreur de 5cm, la longueur maximale du losange serait de $8.7 \text{ cm} \times 2 = 17.4 \text{ cm}$

La conclusion donnée à la figure 7 semble donc erronée : dans les deux cas, la mesure serait correcte.

Autre bizarerie, dans l'article 13.2.2 du fascicule 1 :

- l'exploitant a effectué ou fait effectuer sous sa responsabilité des mesures géoréférencées dans la même zone indiquant des résultats qui diffèrent, pour au moins une coordonnée, de plus de 20 cm de ceux qu'il a reçus.

Cet écart, de 20cm, pourrait laisser penser que classe A= +/- 20 cm, mais on sait que ce n'est pas le cas

On devrait donc considérer ces 2 cas comme des coquilles.

Pourquoi les valeurs de précision sont différentes en XY et en Z ?

Cela provient du coefficient K qui est fonction du nombre de coordonnées :

Il est de 3.23 pour le Z, et de 2.42 pour le XY, ce qui entraîne cette différence.

Table 1: valeurs du coefficient k en fonction du nombre n de coordonnées caractérisant la position des objets géographiques considérés et suivant la même loi statistique.

n	1	2	3
k	3,23	2,42	2,11

Conclusion sur la précision des mesures pour les réseaux neufs

Il y a des coquilles, mais le fait que le législateur n'ait pas donné de tableau précis semble voulu :

Comme la précision de la mesure dépend potentiellement d'une chaîne d'erreur, on voit bien que le législateur souhaite que l'entreprise fasse elle-même le travail d'évaluation de cette chaîne d'erreur, selon la méthode de mesure utilisée, impliquant par exemple des mesures indirectes par rapport à des points de référence.

L'entreprise doit donc calculer sa précision finale en utilisant les préconisations de l'article 4.3.3 CUMUL DES ERREURS, du guide technique pour obtenir la précision de mesure finale :

Cercle de rayon 10 cm en XY, tolérance de +/- 7.5 cm en Z, soit un cylindre de Ø20cm, et de hauteur 15cm.