

Qualification

Cadre réglementaire:

- + [Arrêté du 16 septembre 2003](#) portant sur les classes de précision applicables aux catégories de travaux topographiques réalisés par l'Etat, les collectivités locales et leurs établissements publics ou exécutés pour leur compte. Remplace l'arrêté de janvier 1980.
- + [Circulaire du 16 septembre 2003](#) relative à la mise en œuvre

Dans quel but?

- Fixer un cadre réglementaire pour évaluer la précision d'un levé à l'aide de mesures de contrôle.
- A quels travaux s'appliquent-ils? Ceux "réalisés par l'Etat, les collectivités locales et leurs établissements publics ou exécutés pour leur compte [...] à l'exception des levés hydrographiques"

A quelles données s'applique-t-il?

Canevas (article 6), objets géographiques (article 7), images rectifiées (article 8)

➡ On discutera surtout ici la méthode PSInSAR qui à un ensemble de points PS (sous-ensemble de pixels) associe un déplacement

Qualification

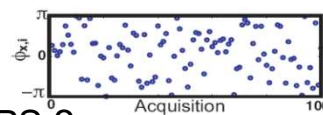
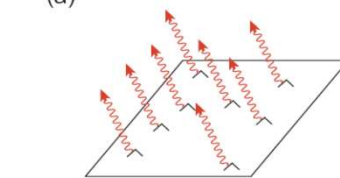
L'évaluation de la classe de précision d'une coordonnée repose sur le calcul des distances (1D, 2D ou 3D) entre:

- Les coordonnées des points à qualifier
- Les coordonnées obtenues pour des mesures de contrôle qui doivent être plus précises.

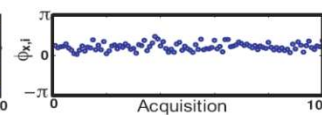
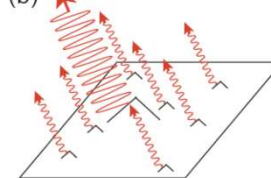
Article 2 de l'arrêté: « Lors de levés d'objets géographiques, les mesures d'écarts s'appliquent sur des points caractéristiques des objets levés, **bien identifiés et ne présentant aucun caractère d'ambiguïté** »

Courtesy: Bénédicte Fruneau

Pixel DS
Distributed Scatterer Pixel
(a)



Pixel PS
Persistent Scatterer Pixel
(b)



Diffuseur dominant dans la cellule de résolution

Taille du PS : inférieure à celle d'un pixel

(Hooper, 2003)

A quoi correspond un PS ?

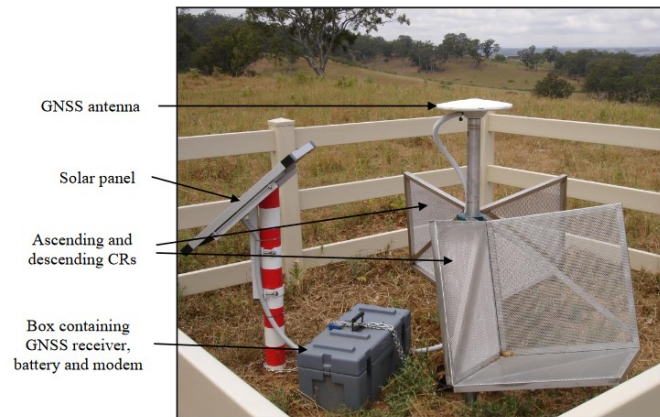


En PSInSAR; identifié par leurs coordonnées et/ou images d'amplitudes

Qualification

Comment s'assurer de mesurer le bon détail?

Autres dispositifs



Réflecteur installé sur le plateau de Calern par l'OCA (voir présentation de cette après-midi)

Fuhrmann, T., Garthwaite, M., Lawrie, S., & Brown, N. (2018). Combination of GNSS and InSAR for Future Australian Datums. In Proceedings of the IGNS Symposium (pp. 1-13)

Transpondeur: Système actif

Mahapatra, P., van der Marel, H., van Leijen, F., Samiei-Esfahany, S., Klees, R., & Hanssen, R. (2018). InSAR datum connection using GNSS-augmented radar transponders. *Journal of Geodesy*, 92(1), 21-32.



Fig. 1 Example of a collocated transponder-GNSS installation at a tide-gauge in IJmuiden, the Netherlands

Qualification

Classe de précision

Rappel 1: un échantillon de N points est de classe [yy] (=modèle standard), cf. article 5 de l'arrêté, s'il vérifie le gabarit d'erreur suivant:

- La **moyenne des écarts d** (voir ci-dessous) pour chaque point notée $E_{\text{moy,pos}}$ vérifie $E_{\text{moy,pos}} \leq [yy] (1 + 1 / (2 C^2))$ **avec $C \geq 2$ (article 3)** avec C le coefficient de sûreté (rapport entre la classe de précision des points à contrôler et celle des déterminations de contrôle)
- Le **nombre de points** dont l'écart dépasse le seuil T n'excède pas l'entier supérieur à $0.01N + 0.232 \sqrt{N}$ (équivalent à 1% pour un modèle gaussien) avec $T = k [yy] (1 + 1 / (2 C^2))$ et k dépendant de la dimension.
- Aucun des écarts en position n'excède le seuil suivant $T = 1.5 k [yy] (1 + 1 / (2 C^2))$ (équivalent à 0,01% pour un modèle gaussien)

• En dimension 1,
Pour un point, l'**écart** est défini comme :
 $d = |x_{\text{contrôle}} - x_{\text{objet}}|$
k=3,23

• En dimension 2,
Pour un point, l'**écart** est défini comme :
 $d = \sqrt{(x_{\text{contrôle}} - x_{\text{objet}})^2 + (y_{\text{contrôle}} - y_{\text{objet}})^2}$
k=2.42

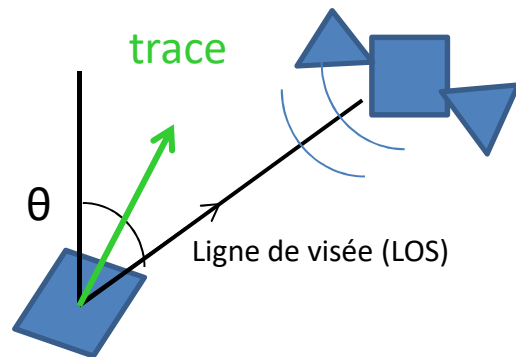
• En dimension 3,
Pour un point, l'**écart** est défini comme :
 $d = \sqrt{(x_{\text{contrôle}} - x_{\text{objet}})^2 + (y_{\text{contrôle}} - y_{\text{objet}})^2 + (z_{\text{contrôle}} - z_{\text{objet}})^2}$
k=2.11

Rappel 2: On distingue:

- La classe de précision interne [xx]
- La précision du rattachement [zz]
- La classe de précision totale [yy] (inclut les erreurs mentionnés ci-dessous + erreur propre du réseau de référence légal)

Qualification

Nature de la mesure PSInSAR (Mahapatra et al. 2018):



$l(p,t)$: déplacement dans la ligne de visée (LOS) au pixel p à t

t_0 : date de référence

p_0 : pixel de référence

$$\Delta \Delta l(p,t) = [l(p,t) - l(p, t_0)] - [l(p_0, t) - l(p_0, t_0)]$$

Mesure relative \longrightarrow la précision interne [xx]

La précision du rattachement [zz]?



Ex: possibilité de définir des zones de référence (ici un disque de rayon 200m).

Dispersion des vitesses LOS PSInSAR: 0.53 mm/a
(Calcul ENSG)

$$[yy]^2 = [xx]^2 + [zz]^2 \text{ (d'après §5,2 circulaire sep 2003)}$$

La classe de précision totale est-elle pertinente pour des mesures InSAR? Uniquement si produit géoréférencé

Qualification

- Mesures InSAR 1D LOS. **classe de précision dans la direction LOS**
Mesures de contrôle 3D: GNSS, topométrie, topométrie+nivellement
Ex: validation par GNSS. Déplacement GNSS (3D) projeté sur la ligne de visée
Mesures de contrôle 1D: Nivellement + Hypothèse sur le déplacement (ex: déplacement horizontal nul) pour projeter la mesure de contrôle verticale sur la ligne de visée

En cas de mouvement horizontal, que vaut un tel contrôle?

- Mesures InSAR 1D verticale. **classe de précision dans la direction verticale**
1) avec hypothèse sur le déplacement horizontal comme discuté ci-dessus

“Example: Koudogbo et al., 2018, Radar interferometry as an innovative solution for monitoring the construction of the Grand Paris Express metro network—First results”

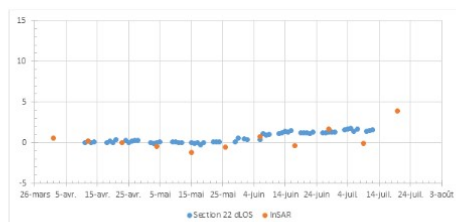


Figure 19. Comparison of topographic data and InSAR measurement in Zone 22 (Figure 15)

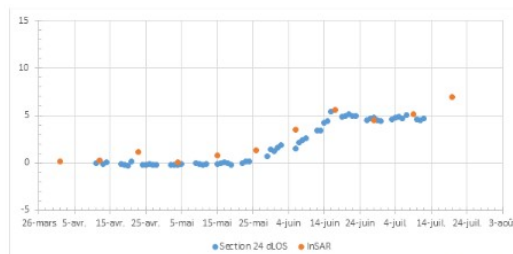


Figure 21. Comparison of topographic data and InSAR measurement in Zone 24 (Figure 15)

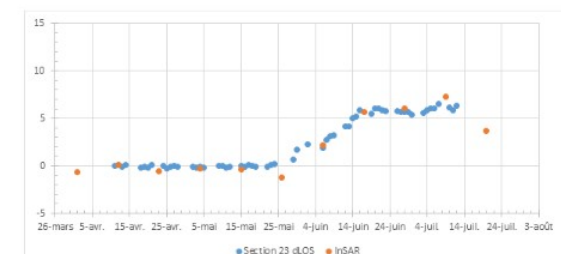


Figure 20. Comparison of topographic data and InSAR measurement in Zone 23 (Figure 15)

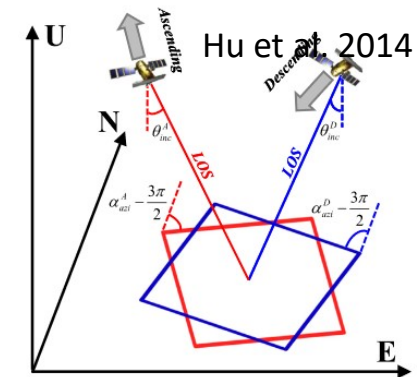
NB: le type de mesure de contrôle n'a pas besoin d'être spécifié dans le cadre de l'arrêté actuel

- Mesures 1D verticale. **classe de précision dans la direction verticale**

2) avec ajout d'une seconde orbite

Si plusieurs angles d'observations sont disponibles (orbites ou mission), possibilité de calculer le déplacement Est/verticale. (NB: faible sensibilité à la composante Nord en raison des orbites quasi-polaire)

Mesures de contrôle: nivellement, topométrie, GNSS



- Mesures 2D **Classe de précision 2D Est/verticale**

Mesures de contrôle: GNSS, topométrie

- Mesures 3D. **Classe de précision 3D?**
 - Combinaison de données: ajout du déplacement horizontal par corrélation d'images radar ou GNSS ou topométrie ou nivellement ou modèle géophysique etc...
- Positionnement absolu SAR (*Gisinger et al., 2015*). Classe de précisions 3D. **~4 cm RMS.**

Qualification

Résumé des points abordés:

- Les PS sont-ils à considérer comme des points bien identifiés?
- 2 classes de précision possibles: interne ou totale
- Nature des données InSAR: 1D LOS, 2D Est/verticale, 3D (pos. absolu)
- Comment intégrer les hypothèses parfois nécessaires sur la nature des déplacements horizontaux?

Autre point non abordé:

Le modèle standard (article 3) est-il adéquat?

Ou gabarit d'erreur personnalisé avec plusieurs seuils à définir?