

L'INTERFÉROMÉTRIE RADAR (Méthodes non exigibles)

L'interférométrie radar InSAR (Interferometry Synthetic Aperture R) consiste à calculer des variations de distance entre le satellite et le sol lors de passages successifs au-dessus d'une même zone. Cette technique est complémentaire du GPS dans la mesure où :

- elle permet d'établir des cartes de déformation (il faudrait mettre un GPS tous les 10 mètres sur toute la surface de la Terre pour obtenir la même résolution spatiale)
- sa résolution temporelle dépend du temps de revisite du satellite sur la zone donnée (entre 10 à 35 jours) alors qu'elle est de l'ordre de la seconde pour le GPS

Le radar à synthèse d'ouverture (RSO ou SAR) est un instrument de télédétection active, ce qui signifie que le radar éclaire lui-même les cibles qu'il observe, à la différence de systèmes optiques par exemple, dit passifs puisqu'ils captent la lumière du soleil réfléchi par l'objet observé.

Ainsi, lorsqu'une cible est illuminée par le radar, une partie du signal est rétrodiffusée en direction du satellite. L'étude du signal rétrodiffusé permet de déduire des informations sur la cible. Le signal radar est une onde électromagnétique du domaine des hyperfréquences, qui possède une phase et une amplitude. L'amplitude du signal rétrodiffusé dépend des propriétés géométriques et diélectriques de la cible, tandis que sa phase dépend principalement du chemin optique du signal. La technique d'interférométrie radar repose sur la mesure de phase.

Après avoir corrigé la phase engendrée par la topographie, les effets atmosphériques et la phase propre de chaque pixel, une image appelée interférogramme est alors obtenue. L'interférogramme contient des franges qui traduisent le changement de l'état de la surface entre les deux prises de vues dans la ligne de visée du satellite avec une précision à l'échelle de la demi-longueur d'onde du signal émis (bande C, $\lambda/2 = 2.83$ cm dans le cas des satellites ERS et Envisat).

Lors de la première acquisition, pour un pixel donné, le satellite envoie une impulsion RADAR, puis passe en mode réception. Il enregistre la valeur de la phase du signal rétrodiffusé par le sol, valeur qui dépend de la distance Terre/Satellite. L'opération étant réalisée sur l'ensemble d'une zone, le satellite enregistre donc une image de phase.

Lors de la seconde acquisition (entre 10 et 35 jours plus tard), le satellite acquiert une seconde image de phase

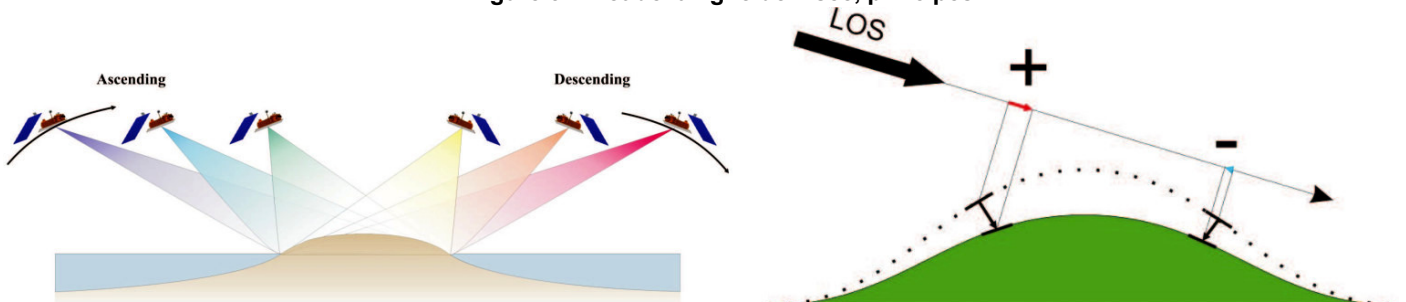
Considérons que le satellite est revenu exactement à la même position lors des deux acquisitions.

- Si le sol n'a pas bougé entre les deux acquisitions, alors les valeurs des phases enregistrées lors des deux acquisitions seront identiques, et leur différence sera nulle.
- Si le sol a bougé entre les deux acquisitions, alors la différence des valeurs de phase dépendra de la quantité de déformation du sol.

Un interférogramme correspond donc à la carte de la différence des deux images de phases et renseigne sur la quantité de déformation du sol dans la direction du satellite. La mesure de la déformation est faite dans l'axe de visée du satellite. Un interférogramme mesure donc le projeté du vecteur déformation sur le vecteur Ligne de visée (une déformation perpendiculaire à la ligne de visée ne sera pas visible). Il est donc préférable de répéter les mesures dans différentes lignes de visées pour mieux caractériser la déformation, ce qui n'est pas toujours faisable en sciences de la Terre.

Un interférogramme correspond bien à une carte de déplacement dans l'axe de visée du satellite. Une même déformation visualisée dans deux lignes de visées différentes par le même satellite donnera donc deux interférogrammes pouvant avoir des aspects différents. Contrairement au GPS qui enregistre la déformation dans les 3 composantes géographiques (EW / NS / verticale), un interférogramme n'enregistre en fait que le projeté des déplacements dans l'axe de visée du satellite.

Figure 5. Effet de la ligne de visée, principes



À gauche, une même zone peut être vue selon différentes lignes de visée (ou LOS, *line of sight*), en fonction de l'orientation de l'antenne radar et du sens de passage du satellite (passe ascendante ou descendante).

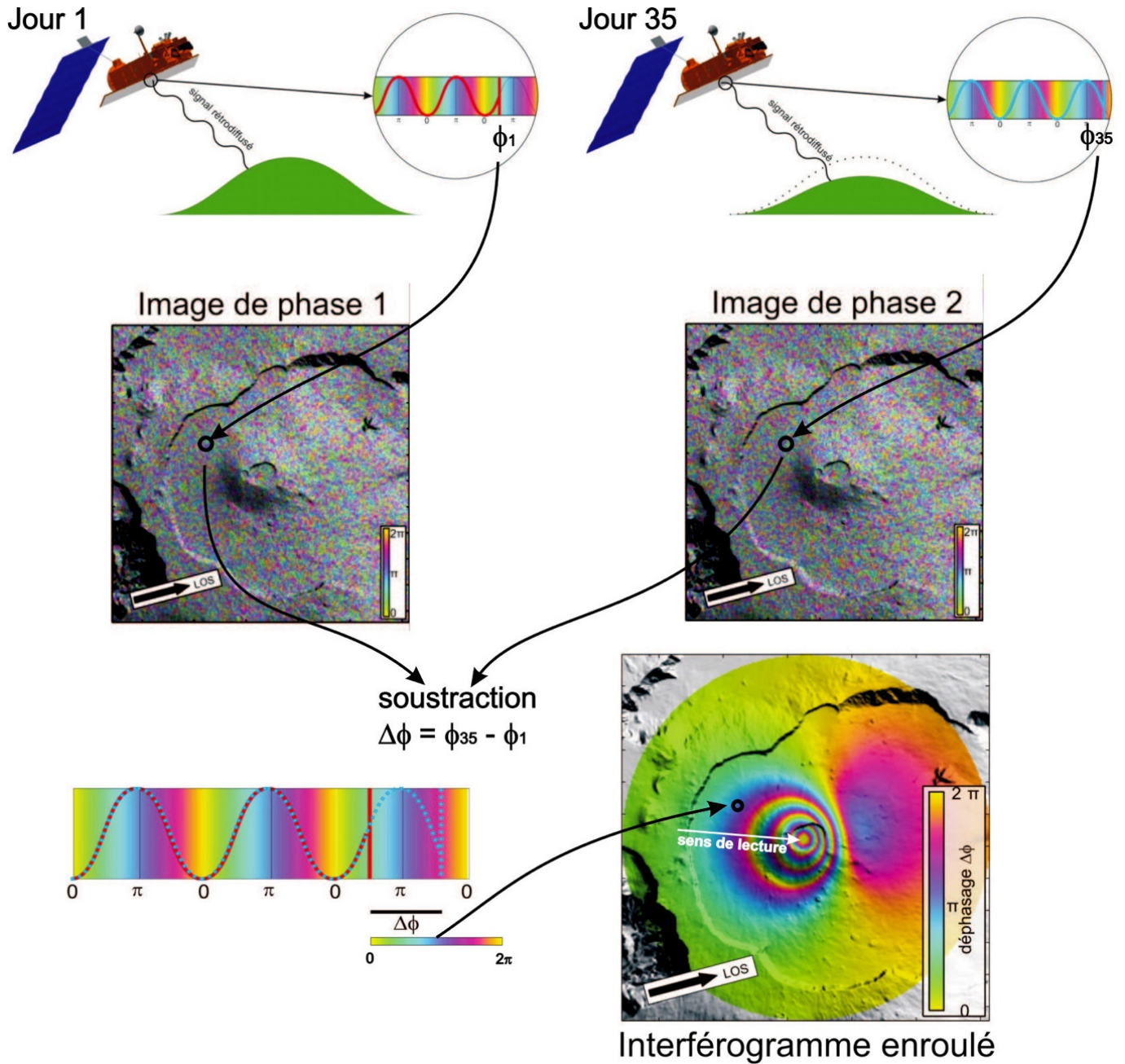
À droite, deux pixels sur un terrain en subsidence (par exemple, un volcan qui se dégonfle) n'ont pas forcément la même direction de déplacement. Le satellite enregistre le projeté du vecteur de déformation sur l'axe de visée du satellite. En fonction de cette ligne de visée, un même déplacement ne sera pas enregistré de la même manière. Un déplacement perpendiculaire à l'axe de visée du satellite ne sera pas enregistrable.

Figure de synthèse. Principes de l'interférométrie radar (InSAR)

Le jour 1, le satellite enregistre pour chaque pixel, la valeur de la phase (entre 0 et 2π) du signal rétrodiffusé.

Le jour 35, le satellite revient exactement à la même position et enregistre de nouveau une image de phase. Si le sol a bougé entre les deux acquisitions, la valeur de la phase pour chaque pixel ne sera pas la même.

Pour chaque pixel, on calcule le déphasage entre les deux dates (différence entre les deux valeurs de phase). Pour les zones n'ayant pas bougé, ou ayant bougé d'un multiple de la longueur d'onde, la valeur sera de 0, ce qui fait apparaître des franges sur l'interférogramme.



Pour déterminer le sens des déplacements :

- 1 : on part d'un endroit qui n'a pas bougé,
- 2 : puis on suit l'ordre des couleurs vers un endroit qui a beaucoup bougé (flèche blanche),
- 3 : l'ordre de passage des couleurs donne alors le sens du mouvement : phase qui augmente (respectivement diminue) correspond à éloignement (respectivement rapprochement) par rapport au satellite dans la direction de la ligne de visée.

Ici, dans la figure ci-dessus, on part du vert, puis on passe au rose, puis au jaune, puis au vert, puis au rose.... : la phase augmente, la distance sol-satellite a donc augmenté, et comme le satellite est fixe, c'est le sol qui s'est éloigné. Il s'agit dans cet exemple d'un signal compatible avec une subsidence.