

*2ième rencontre des informaticiens  
pour la recherche en Auvergne  
Aubières 6 juin 2013*



# L'Interférométrie Radar au Laboratoire Magmas & Volcans

Thierry Souriot (LMV)

# Interférométrie Radar au Laboratoire Magmas & Volcans

- 1. Contexte
  - Laboratoire Magmas et Volcans (LMV)
  - La recherche en télédétection au LMV
- 2. L'interférométrie radar
  - Principe, avantages, inconvénients
  - Applications aux volcans : éruptions, coulées, intrusions
- 3. Développement InSAR
  - InterfMatic : chaîne de traitement de données
  - CASOAR : Base de données et interface
- 4. Observatoire InSAR de l'Océan Indien (OI<sup>2</sup>)
  - But & Les moyens

# La télédétection au LMV

L'équipe de volcanologie (42 personnes)

Un laboratoire de traitement d'image depuis 1999

Salle pouvant héberger 8 postes dédiés aux traitements d'image

Des logiciels de traitement d'image et de donnée 3D

Deux IR pour gérer le laboratoire et apporter assistance aux utilisateurs

Un certain nombre de capteur (scanner, caméra IR par ex...)

Le service informatique de l'OPGC

Services réseaux divers

Serveurs de calcul ou de stockage

Le Pôle de Télédétection des Volcans de l'OPGC depuis 2010

- 4 services d'observations

OI<sup>2</sup>, HotVolc, VOLDORAD, GAZVOLC (TOMUVOL)

# La Recherche en télédétection au LMV

Mesure de déformation par Interférométrie radar (DInSAR)

Bilan de masse par génération de MNT (Numérisation, Stéréoscopie, InSAR, Lidar...)

Étude des éjections de particule volcanique par radar sol (VOLDORAD)

Analyse des gaz volcaniques par Spectrométrie sol (GAZVOLC)

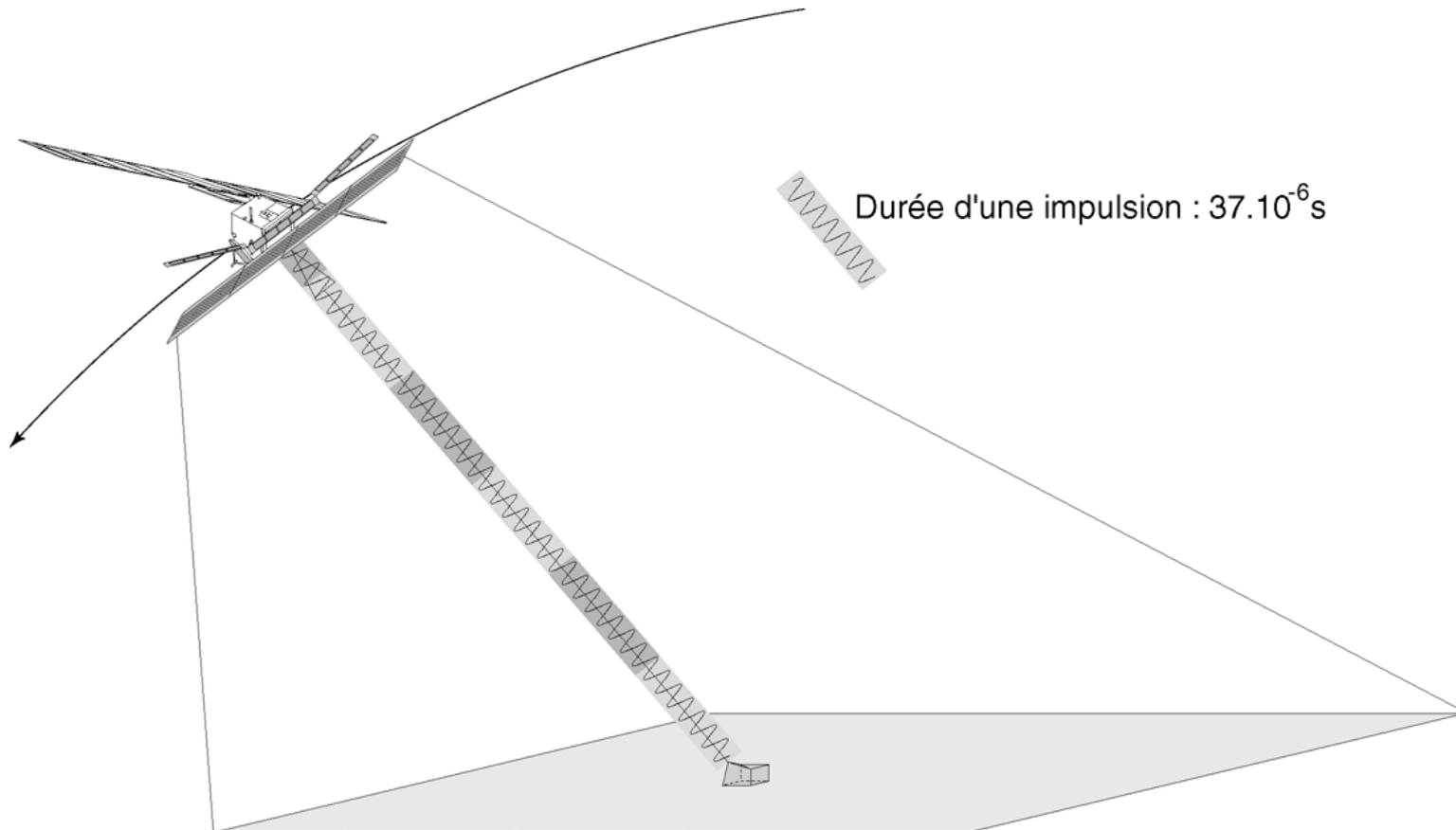
Études des coulées volcaniques par mesures IR sol

Système d'alerte mondiale des éruptions volcaniques par imagerie satellitaire IR (HotVolc)

# L'interférométrie radar

## Principe

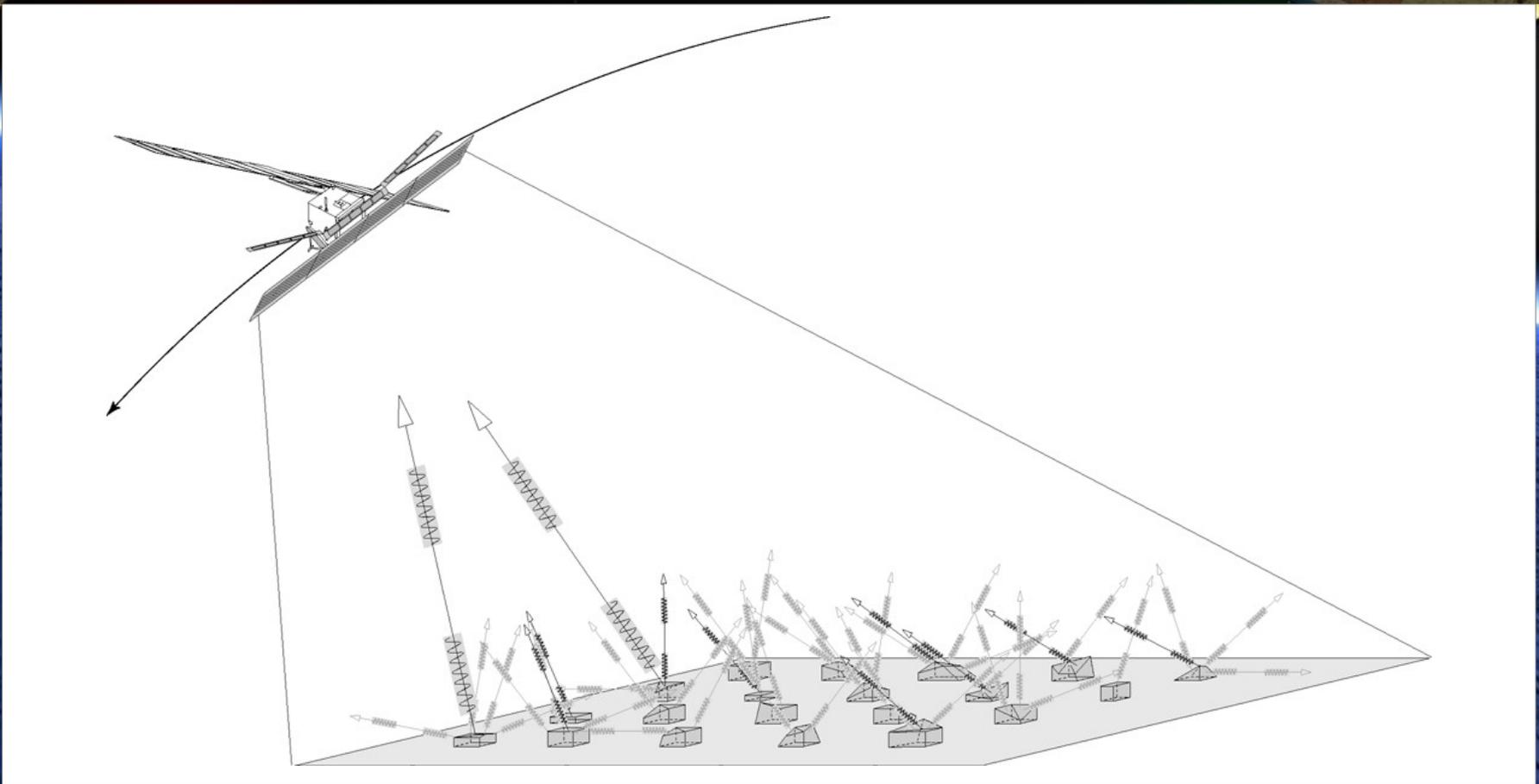
- L'image radar :



# L'interférométrie radar

## Principe

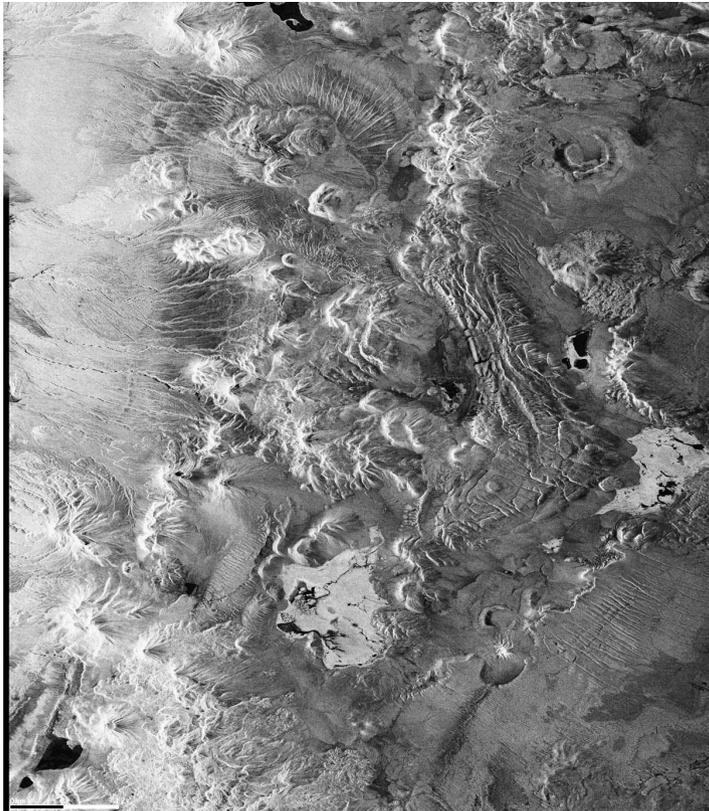
- L'image radar : synthèse SAR



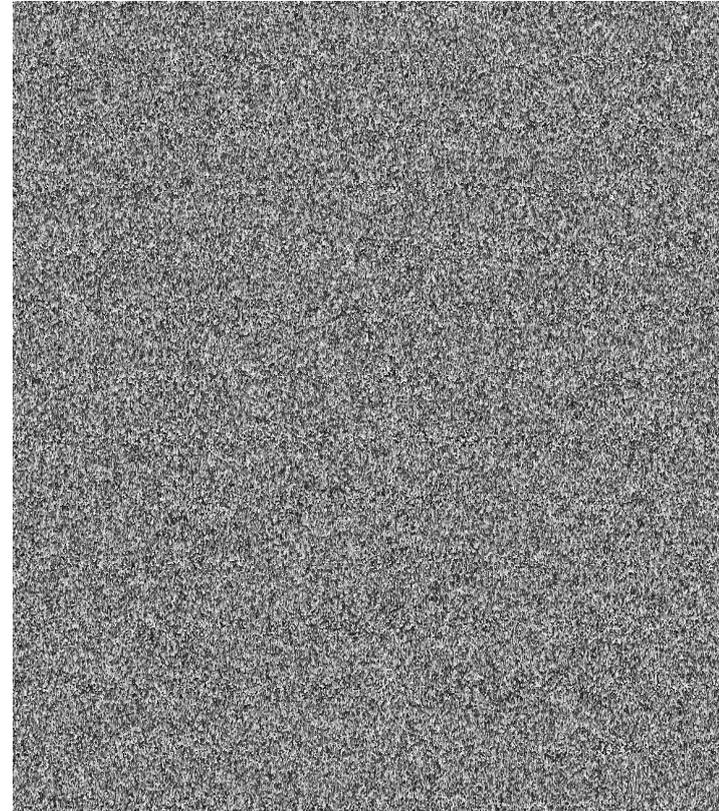
# L'interférométrie radar

## Principe

- Amplitude



- Phase

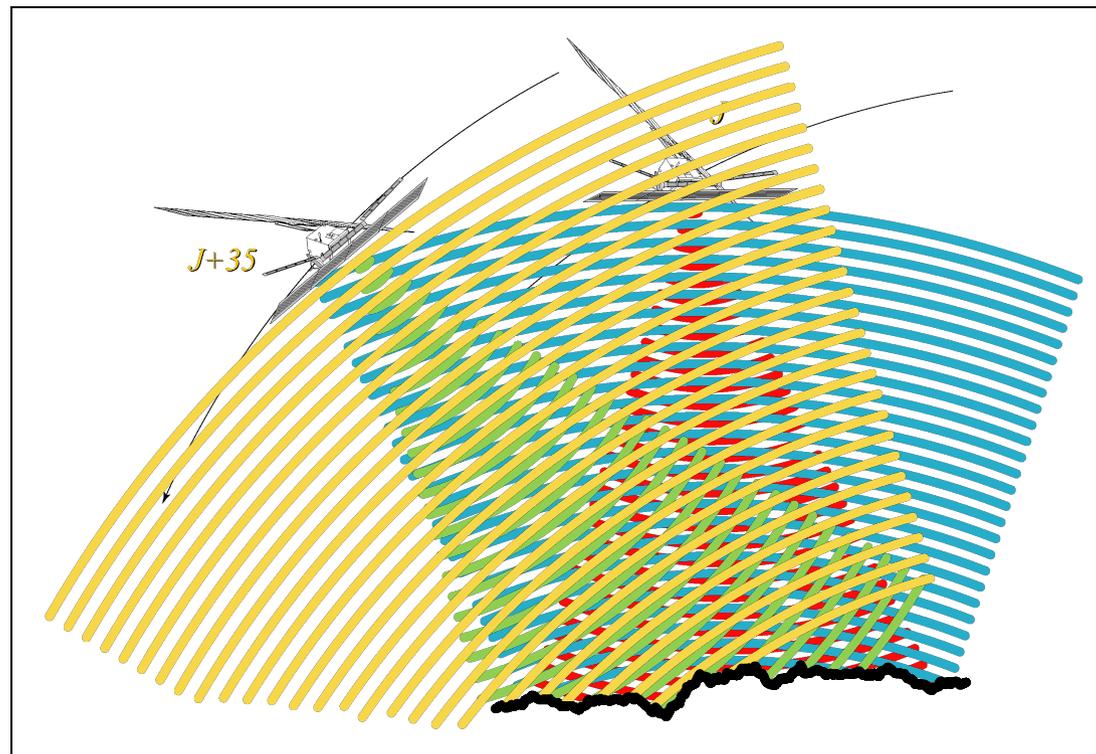


*Example of radar phase image : Lascar, 17 July 2004, ASAR ASC S2 T361 F6705*

# L'interférométrie radar

## Principe

- Différence de phase entre 2 acquisitions



# L'interférométrie radar

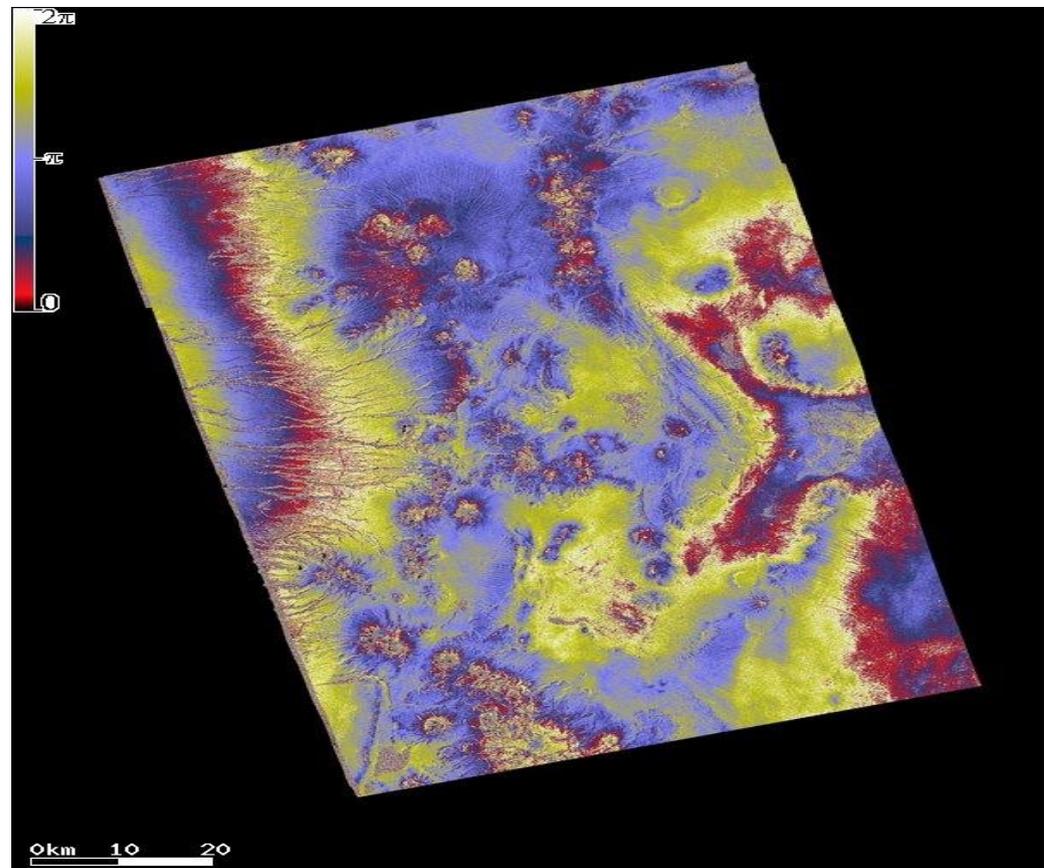
## Principe

- Différence de phase entre 2 acquisitions

ENVISAT\_INTERF : VollInSAR\_AS,  
lascar\_A\_6361\_14443\_15445  
Area NORTHERN-CHILI  
Date Of Computing 2008-04-09  
Name lascar\_A\_6361\_14443\_15445

Alti.Ambi. -35.790001  
Filtre orbitalDEM SRTM3  
Resolution 45  
Pass Asc. SwathIS6 Track 361

Master orbit 14443  
Slave orbit 15445  
Master date / Time 04 Dec 2004 3:08  
Slave date / Time 12 Feb 2005 3:09  
Duration 70 days

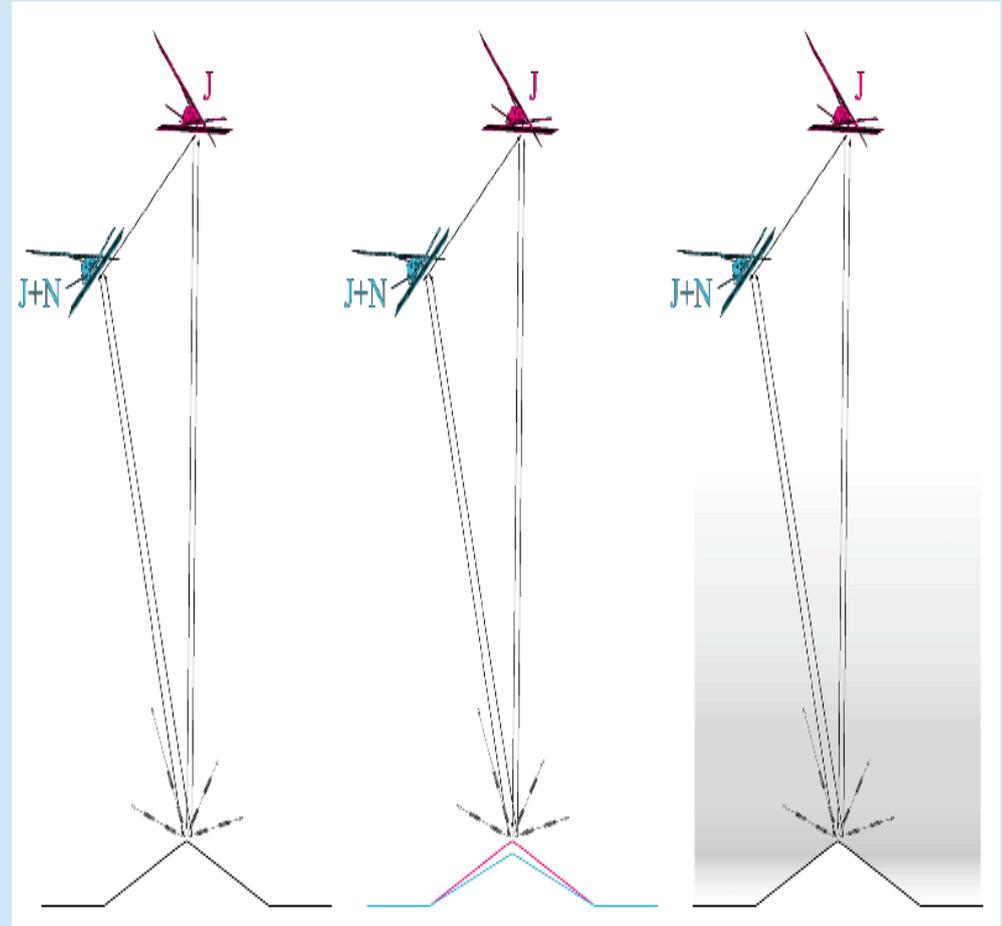


# L'interférométrie radar

## Principe

Causes principales  
des différences de  
phase entre 2  
acquisitions

- Géométrie
- Topographie
- Déformation
- Atmosphère
- Végétation



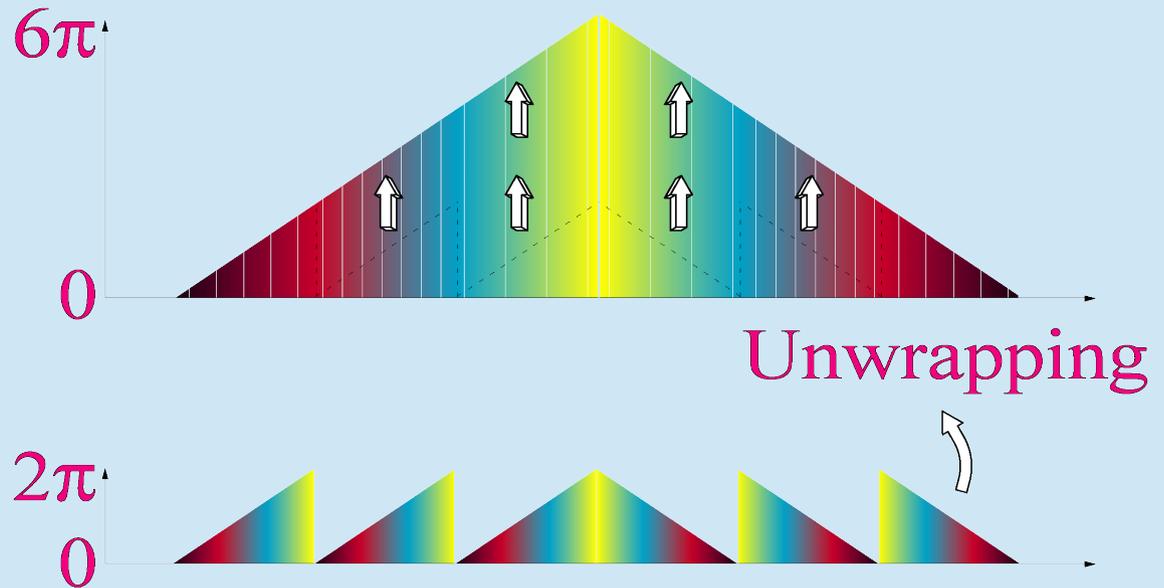
# L'interférométrie radar

## Le déroulement



Chaque frange interférométrique représente  $\pm/2$  cm changement de distance entre le satellite et le sol

- 2.8 cm en C band
- 11.8 cm en L band



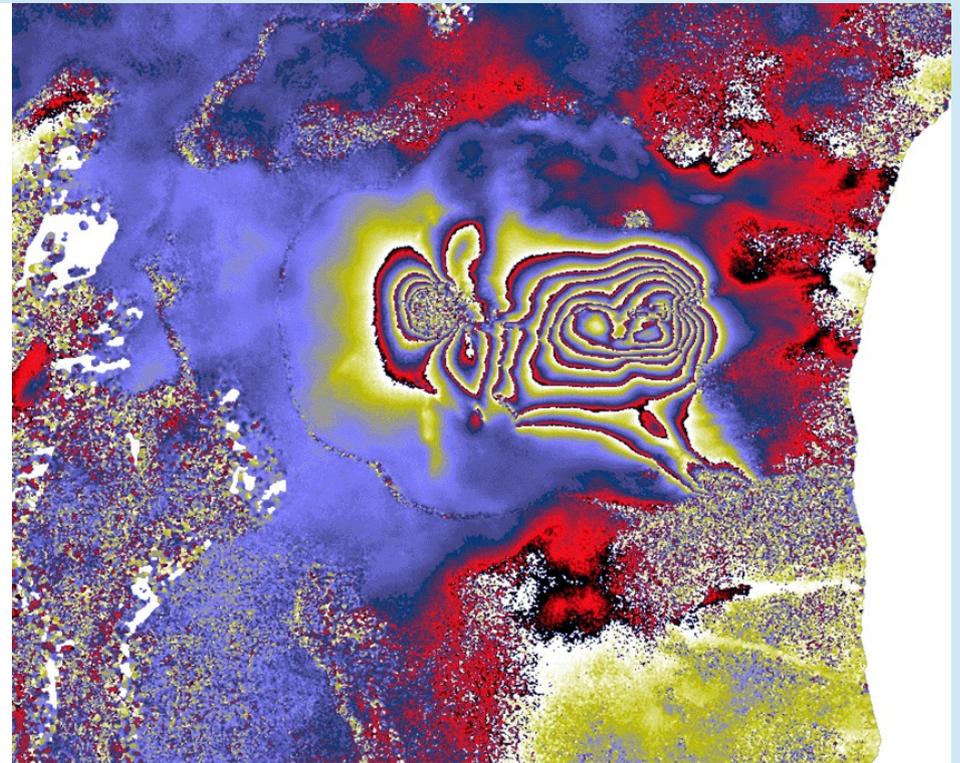
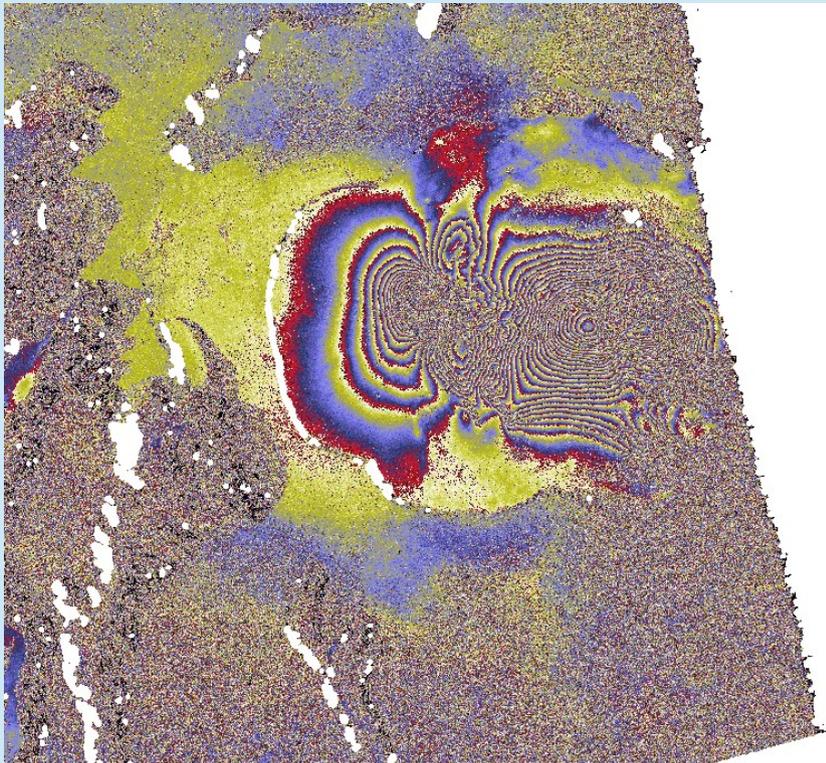
# L'interférométrie radar

## Avantages

Relation frange et longueur d'onde

Envisat ASAR, Bande-C 2.8 cm

Alos PALSAR, Bande-L 11.8 cm

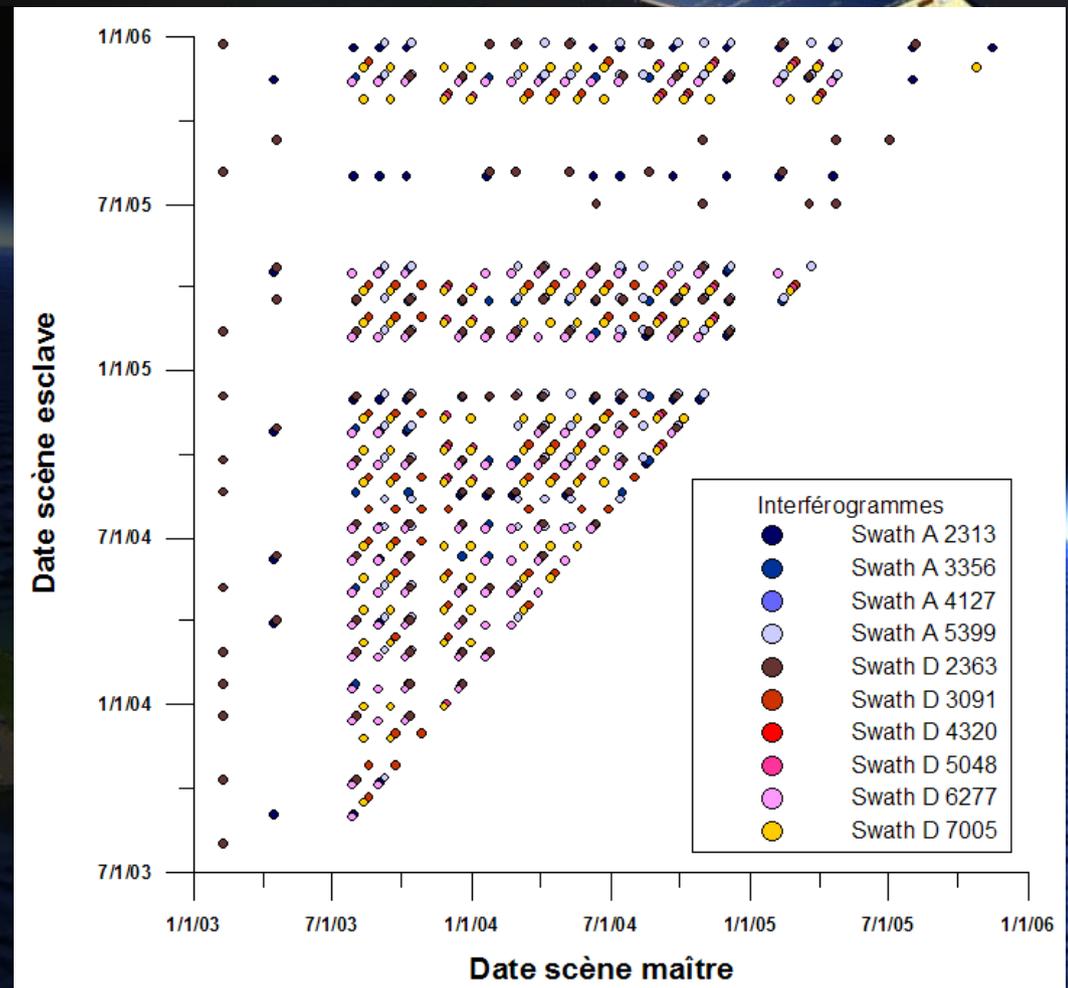


Éruption Avril 2007, Piton de la Fournaise

# L'interférométrie radar

## Avantages

- Champs de mesures de distance le long de la visé très précises (<mm)
- Résolution horizontal fonction du MNT
- Couvertures récurrentes (de 7 à 21jours)
- Tous temps
- Toutes heures



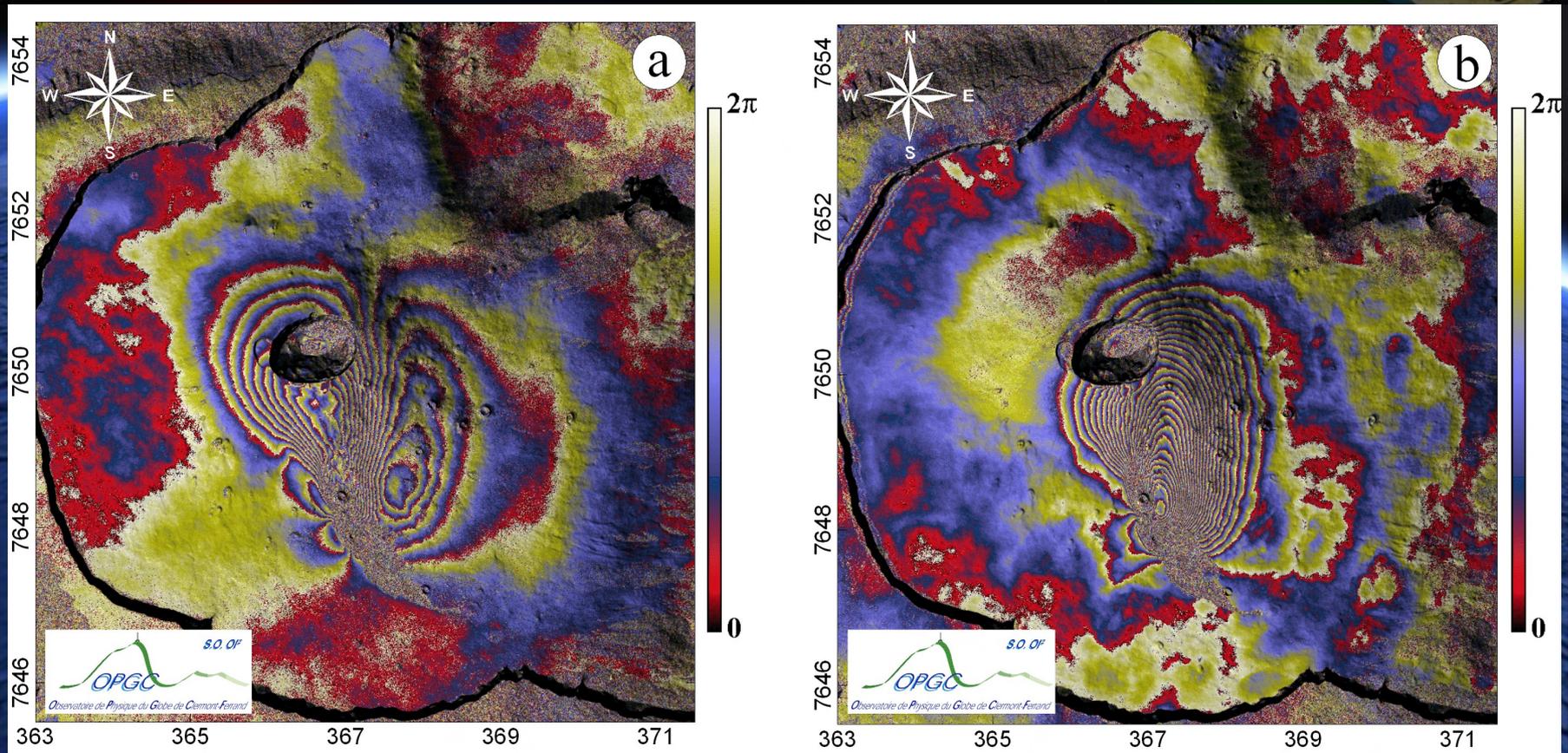
# L'interférométrie radar Limites & Inconvénients

- Mesure modulo  $2\pi$  => Déroulement de phase
- Mesure dans la direction du satellite => 3D difficile
- Satellites non-compatibles
- Perte de cohérence dans le temps
- Sensible à la végétation suivant la longueur d'onde
  - Mais quand même sur plusieurs années
- Dépendant des programmes spatiaux et commerciaux

# Applications aux volcans

## Déformation des édifices

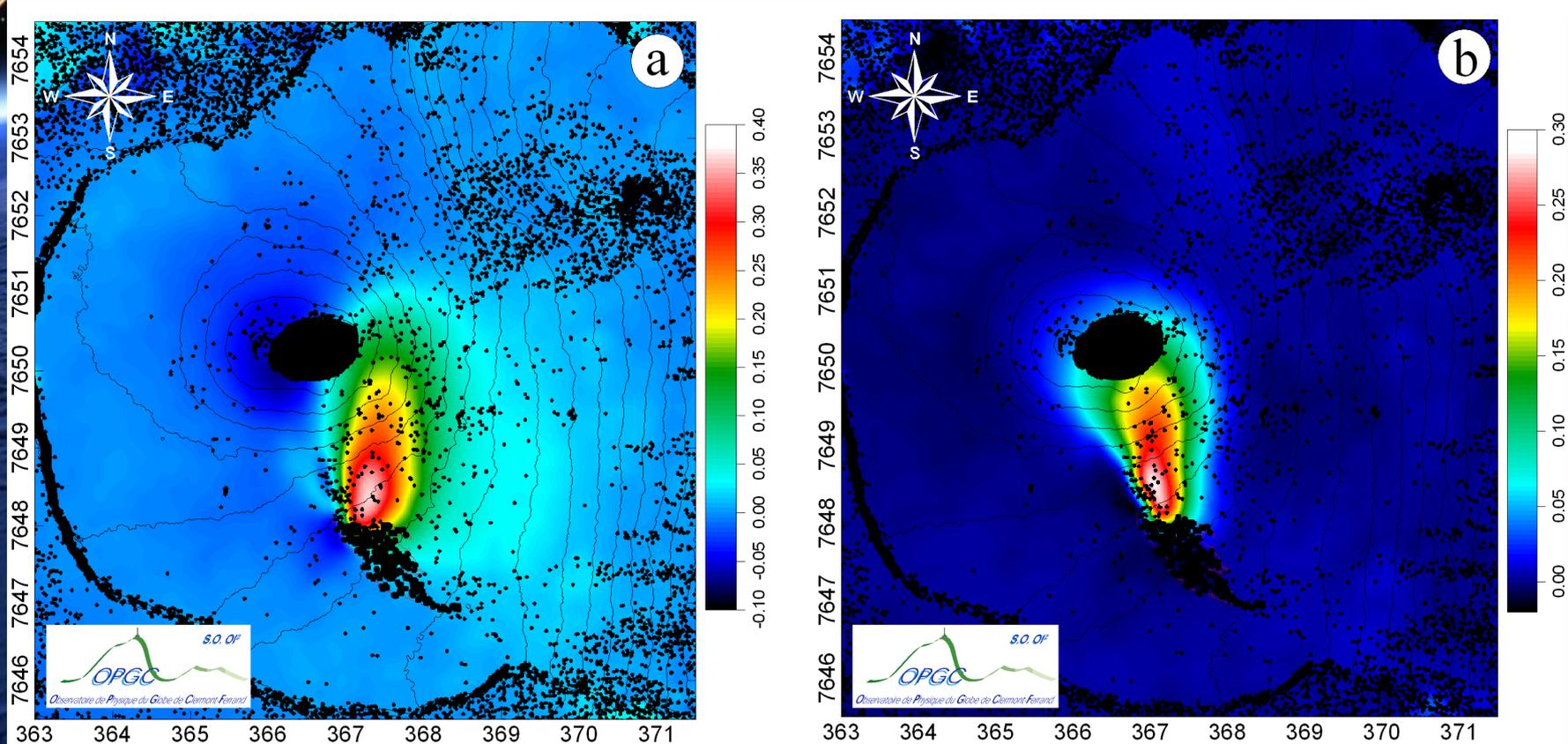
- Déformations liées à l'éruption d'octobre 2010 du Piton de la Fournaise, données TSX



# Applications aux volcans

## Déformation des édifices

Cartes des déplacements de l'éruption d'octobre 2010 obtenues après déroulement, combinaison et projection.



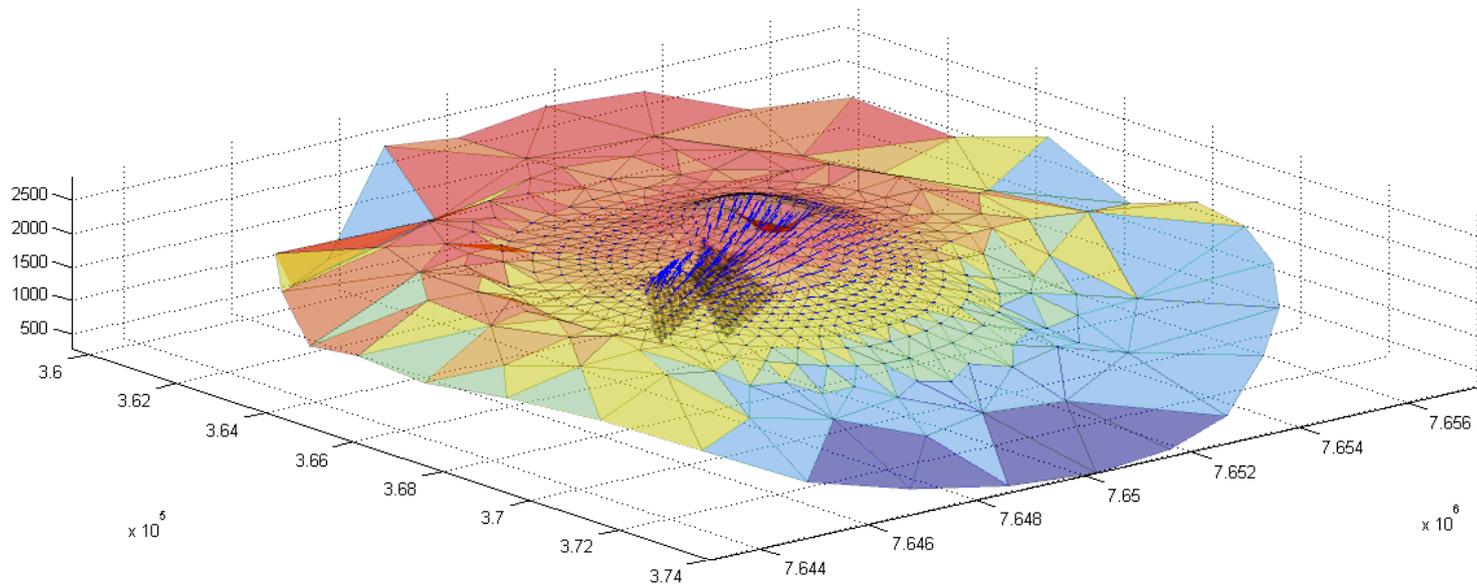
Composante EW

Composante NS

# Applications aux volcans

## Déformation des édifices

Modélisation numérique des mouvements  
de magmas de l'éruption d'octobre 2010



# *Applications aux volcans*

## *Déformation des édifices*

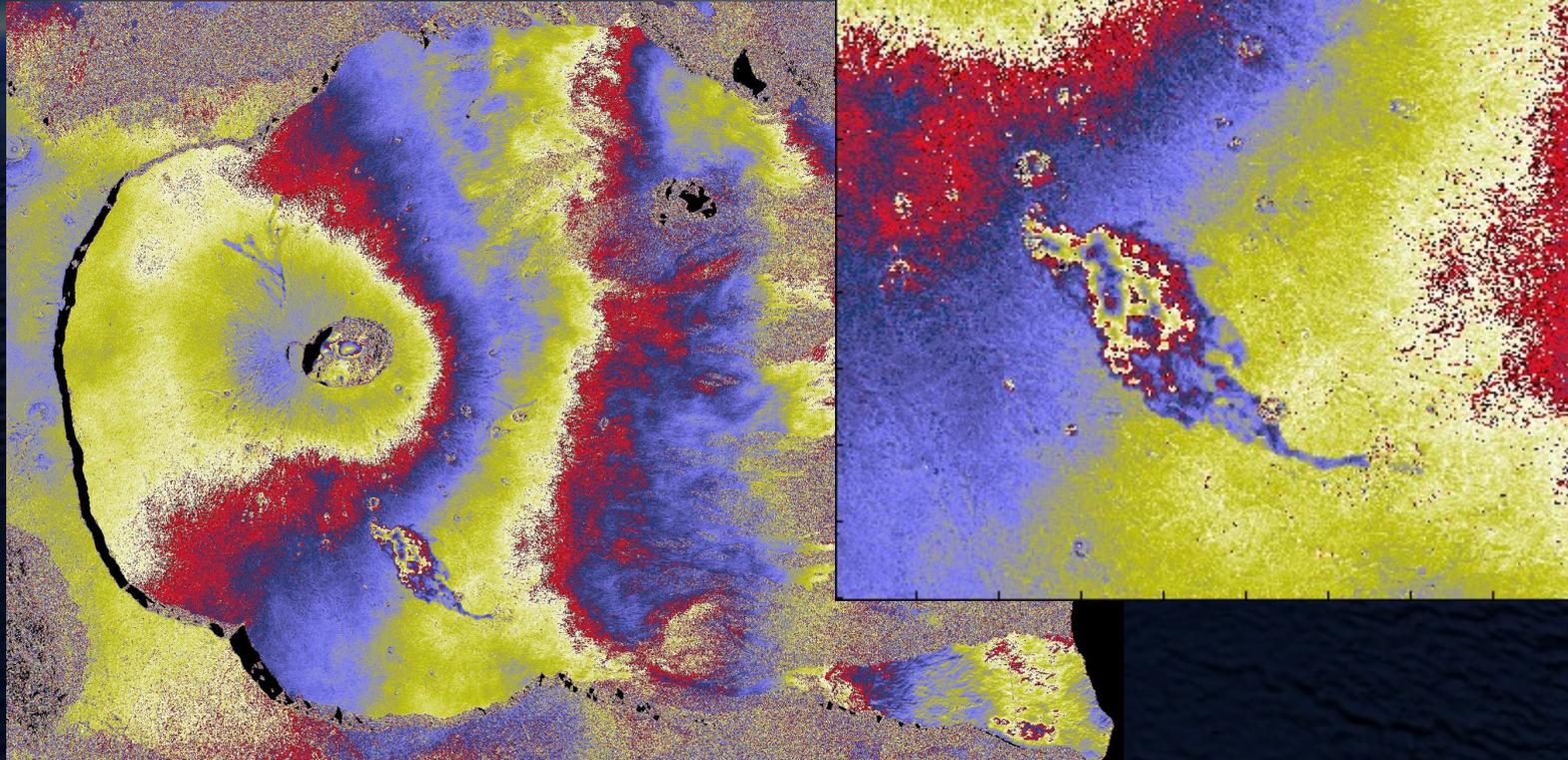
Modélisation numérique des mouvements de magmas



# Applications aux volcans

## Mise en place des coulées

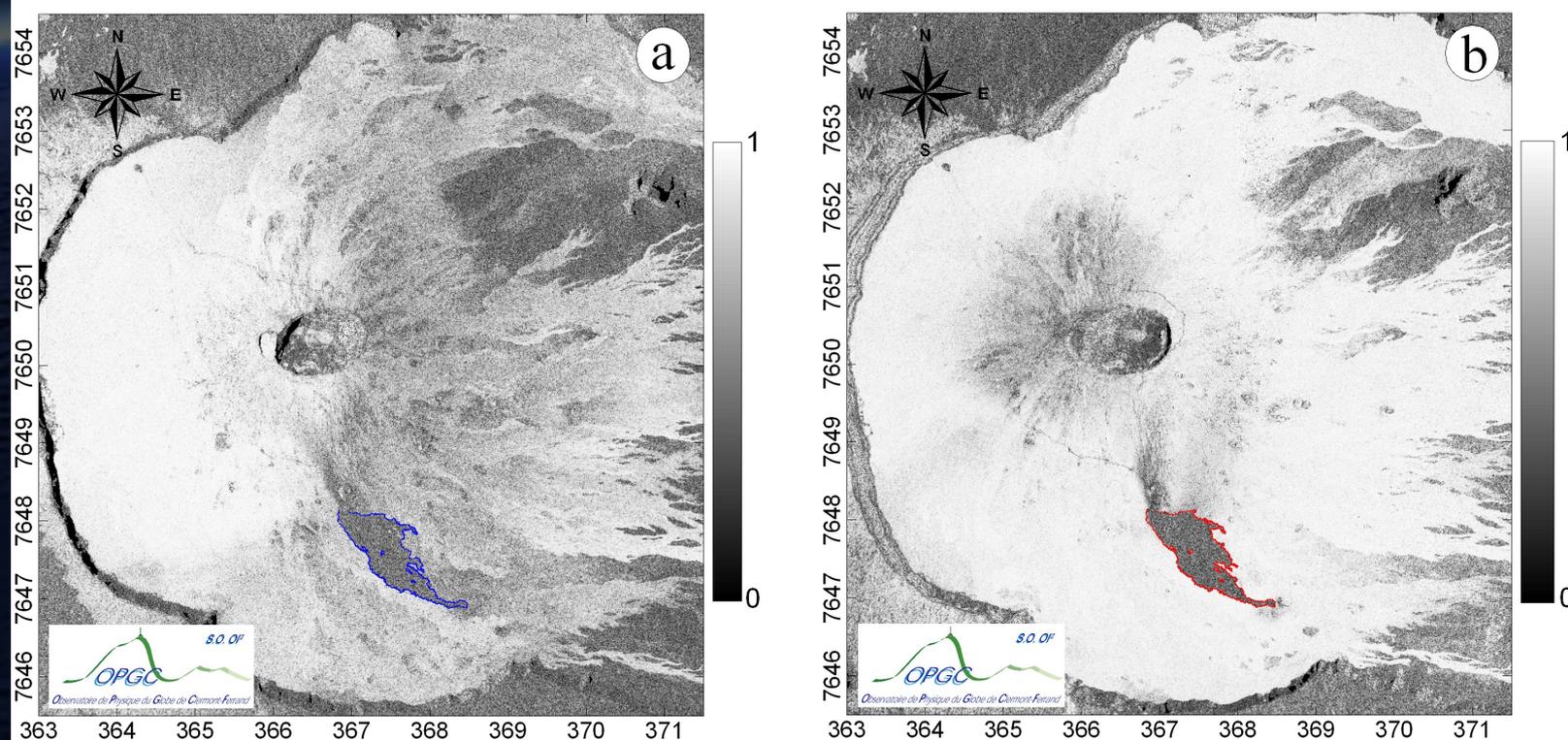
CSK ascending interferogram 23833\_24070 (3/11/2011 – 19/11/2011,  $d = 16$  days,  $Aa = -11$  m)



# Applications aux volcans

## Mise en place des coulées

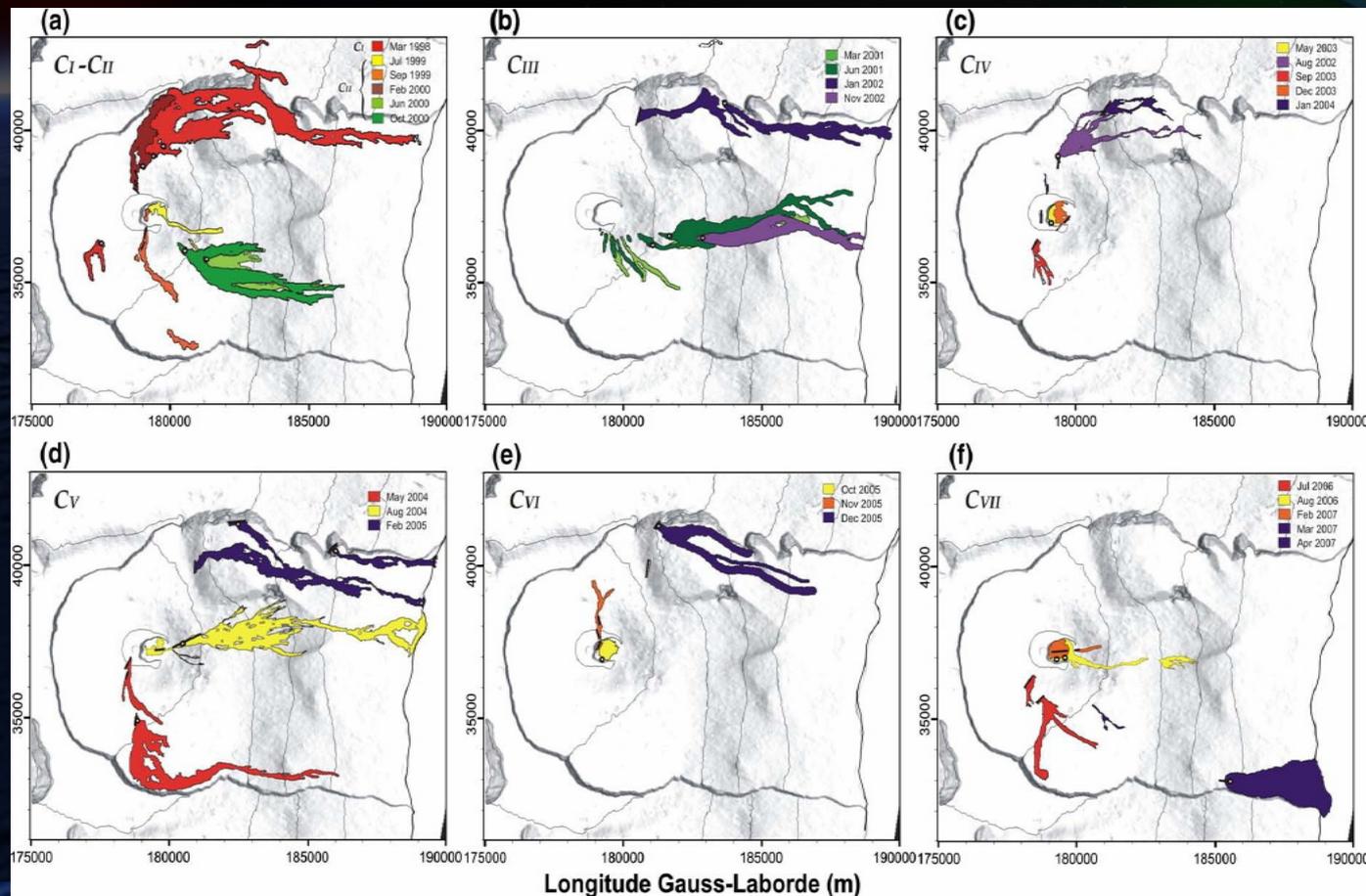
Mapping of lava flow using coherence images : critical changes in the backscattering properties of ground surface before and after the lava flow emplacement induce a loss of phase coherence.



# Applications aux volcans

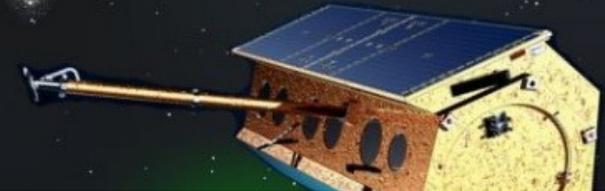
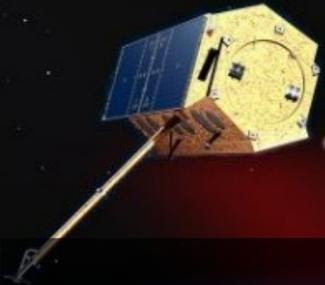
## Mise en place des coulées

Since 1998, the Piton de la Fournaise topography has changed significantly due to lava flows emplacement (34 eruptions).



# Applications aux volcans

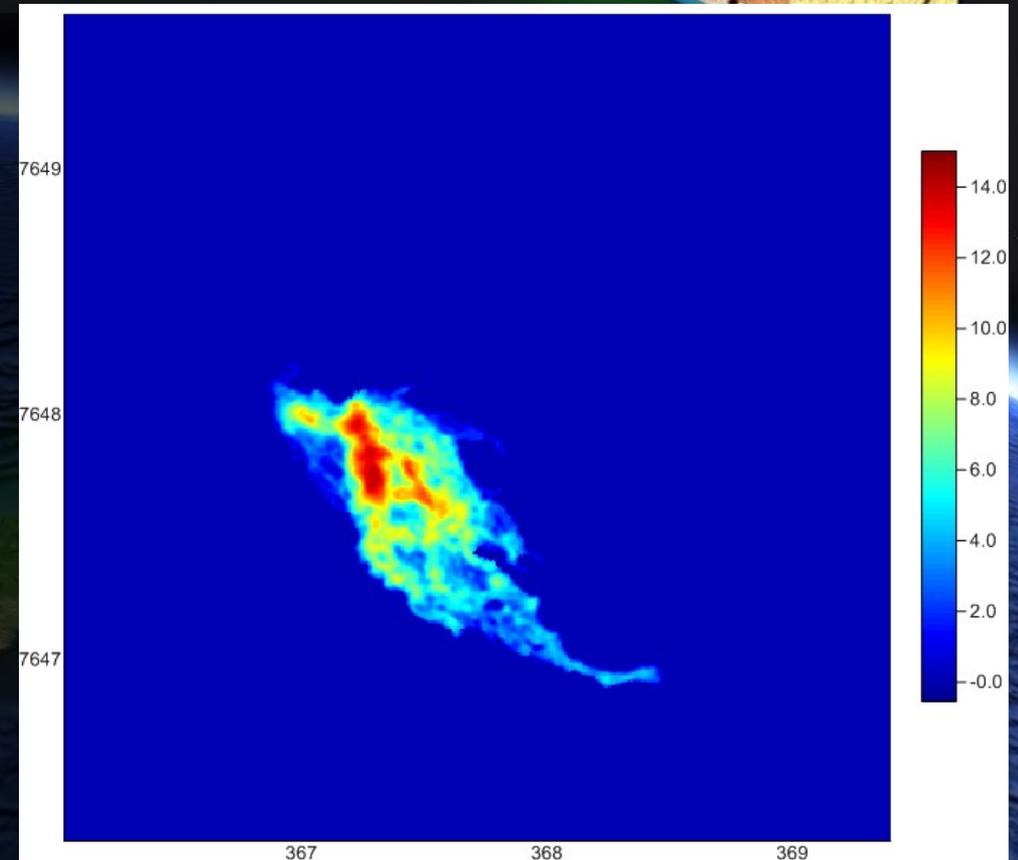
## Mise en place des coulées



Calcul du volume de la coulée

Carte d'épaisseur  
pour 1<sup>st</sup> Iteration

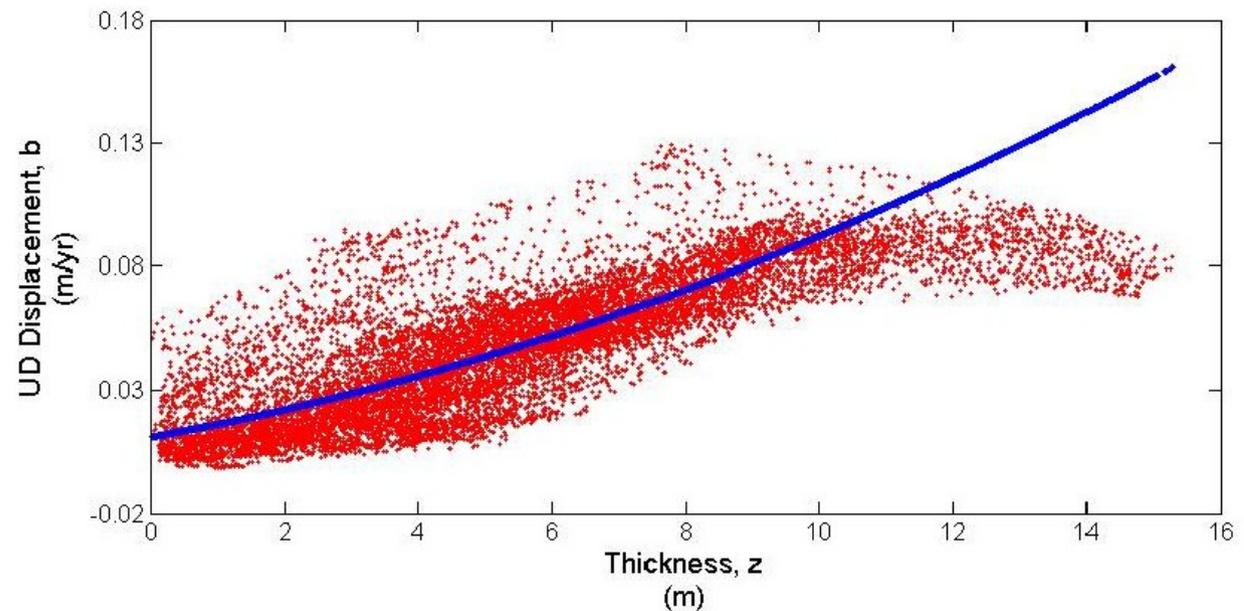
$$\text{Volume} = 3.62 \times 10^6 \text{ m}^3 \\ \pm 1.9 \times 10^5 \text{ m}^3$$



# Applications aux volcans

## Mise en place des coulées

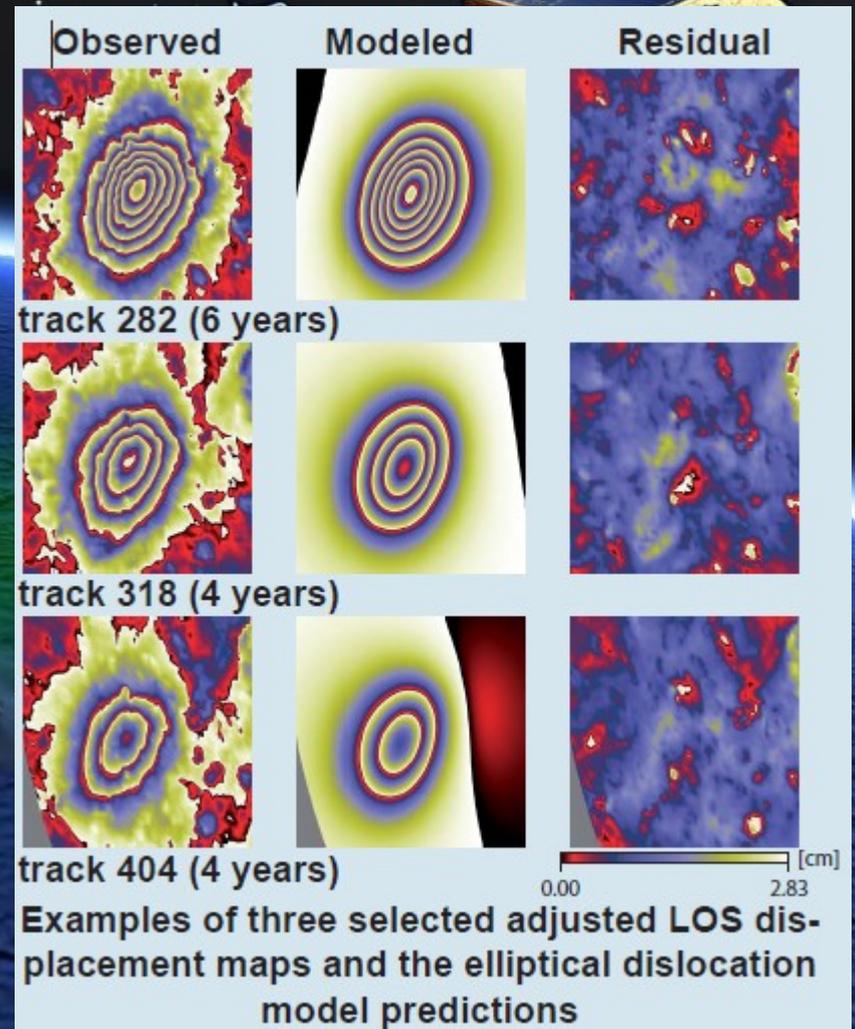
- Calcul du taux de subsidence
- Vitesse de refroidissement
- Écoulement résiduel
- Paramètre thermodynamique



# Applications aux volcans

## Intrusion magmatique

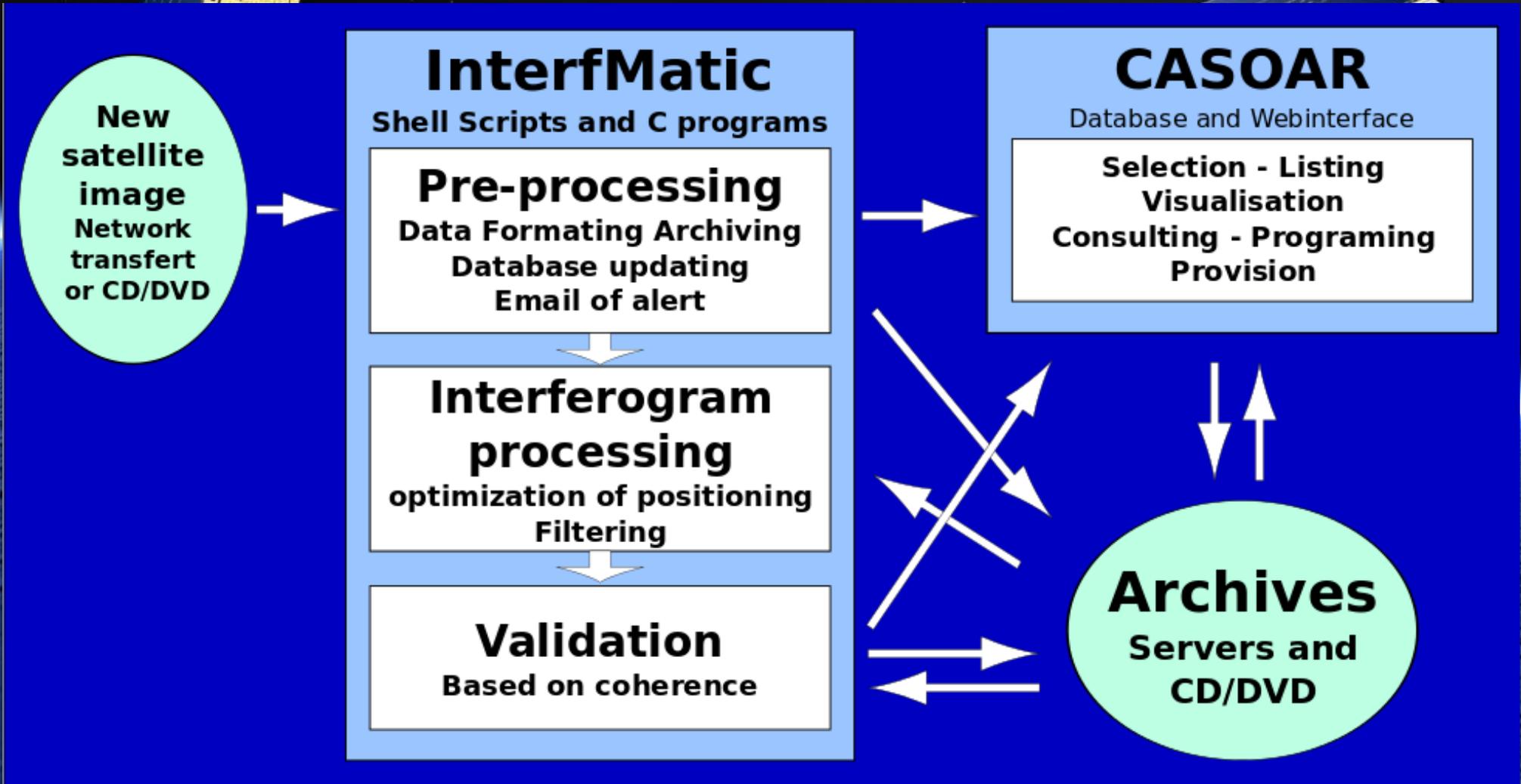
- Lastarria-Cordon del Azufre volcanic complexe
- SAR (in ascending and descending orbits) and GPS data provide new constraints on magma chamber geometry
- - Our approach suggests that during the 2003-2009 period the geometry of displacement source remains unchanged
- - Rather than expanding volcanic sill, modeling suggests a flat topped chamber.



# *L'interférométrie radar aux LMV*

- En chiffres :
  - 1570 images radars satellitaires de 5 satellites différents
  - 6743 interférogrammes calculés filtrés
  - Des périodes d'observation de plus de 10 ans
  - En moyenne 400 connections distinctes par an
  - 24 utilisateurs référencés (+ anonymous) sur 8 pays et 3 continents

# La chaîne de traitement de données InSAR



# La chaîne de traitement de données InSAR

- InterfMatic

- Programmation en C et Shell

- Basée sur le logiciel commercial Diapason

- Intégration de divers logiciels (Nest, Diapason, ImageMagic, Manip\_Raster)

- Adaptation aux divers satellites

- Automatisation, parallélisation et optimisation

- Amélioration des certains calculs spécifiques interférogrammes

- - Corrélations

- - Géo-référencements

- Interpolations

- Filtrages

# *La base de données et interface web CASOAR*

- Base de données et Interface web de consultations, de trie, de sélection et de commande d'images (PHP-MySQL)
- Catalogue d'image satellitaire radar et les interférogrammes correspondants
  - Version en JavaScript (1999-2006)
  - Version PHP-MySQL depuis 2007
- Développé pour plusieurs programmes de recherche

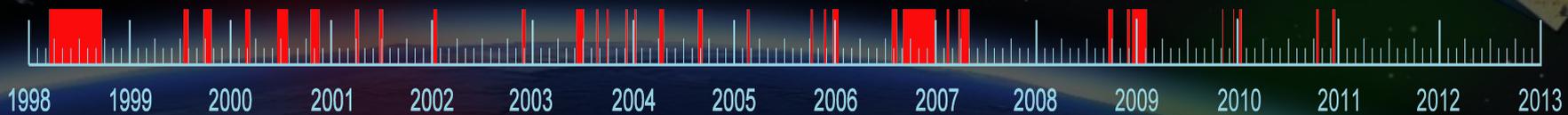
# La base de données et interface web CASOAR

The screenshot displays the CASOAR web interface. At the top right, it identifies the user as 'User: Souriot / ALL' and the last connection as '2013-06-03 12:18:25'. The main map area shows a satellite image of South America, with a grid of orange satellite swaths overlaid on the coastlines of Chile and Bolivia. The map is titled 'ENVISAT\_INTERF : VolInSAR\_AS - 824 image(s)'. On the left, there are several control panels: 'Folder Selection' with a tree view of projects like 'OIZ (Reunion Island)' and 'VolInSAR\_AS (South America)'; 'General Selection' with filters for 'Mode', 'Swath', 'Filtre', and 'Track'; and 'Data' selection options. On the right, a vertical list of image thumbnails is shown, each with a label such as 'acamarachi D\_IS2\_10 19102\_25615' and 'antofalla A\_IS2\_46 19639\_25150'. The top navigation bar includes links for [LOGOUT], [LIST SELECTION], [MAP SELECTION], [TABLE SELECTION], [DESIRABLES], [PERSO INFO], [STATISTIC], [HELP], and [CONTACT]. The background of the interface features a satellite in space and a landscape with a bird.

<https://wwwobs.univ-bpclermont.fr/casoar/>

# Observatoire InSAR de l'Océan Indien (OI<sup>2</sup>)

## Surveillance du Piton de la Fournaise depuis 2003



RADARSAT-1 database  
few images

ENVISAT database (ESA, AOE 746)  
(various swaths in ascending and descending passes)

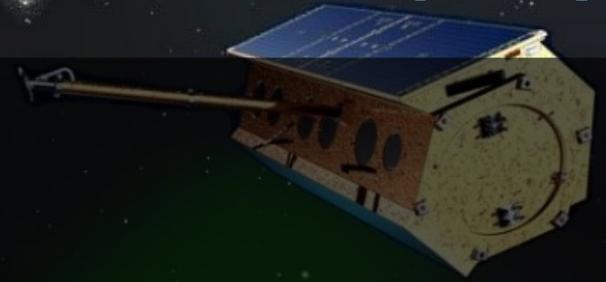
COSMO-SkyMed database (ASI, CSK AO 2080)  
(2 ascending & 1 descending swaths)

PALSAR database (ESA-JAXA, ALOS ADEN 3622)  
(3 swaths in ascending passes)

TerraSAR-X database (CNES-KALIDEOS, DLR LAN 0237)  
(1 ascending & 1 descending swaths)

RADARSAT-2 database (CSA-MDA, SOAR 2314)  
(2 ascending & 1 descending swaths)

# Observatoire InSAR de l'Océan Indien (OI<sup>2</sup>)



## Le service OI<sup>2</sup> :

- Composante labellisée du Service National d'Observations en Volcanologie (INSU) depuis 2011.
- J.L.Froger : Gestion administrative et scientifique du service
- T.Souriot : Gestion technique du service

## • Mission :

- Surveillance régulière des déplacements du sol induits par l'activité du volcan Piton de la Fournaise, à la Réunion, en utilisant des données InSAR
- Mise à disposition des données interférométriques.

# Merci

