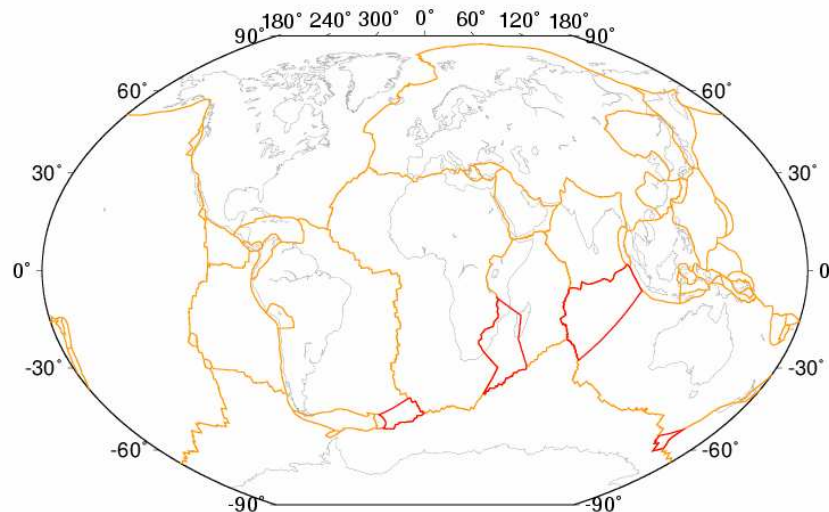


Modèles de mouvement des plaques tectoniques: Le cas de l'ITRF2008



Zuheir Altamimi, Laurent Métivier, Xavier Collilieux

Laboratoire de Recherche en Géodésie

Institut national de l'information géographique et forestière



Remerciements: Olivier Jamet (IGN), Xiaoping Wu (JPL)



Plan de l'exposé

- **Introduction: modèles géophysiques**
- **Le modèle ITRF2008 (ITRF2008-PMM)**
 - Sélection des sites sur les parties stables des plaques
 - Mouvement des plaques et origine du repère
 - Mouvement des plaques et Rebond post-glaciaire (Glacial Isostatic Adjustment - GIA)
 - Comparaisons aux modèles géophysiques
- **Conclusion**

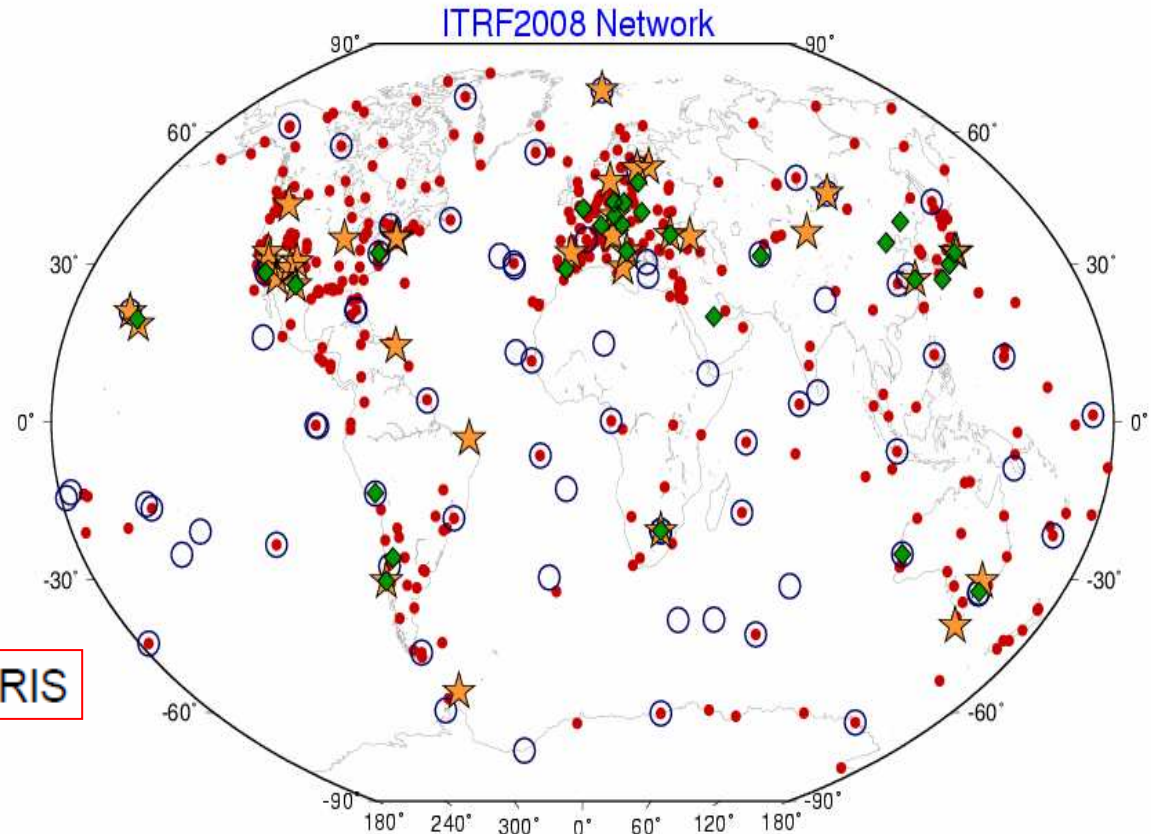
ITRF2008

580 sites (934 stations)

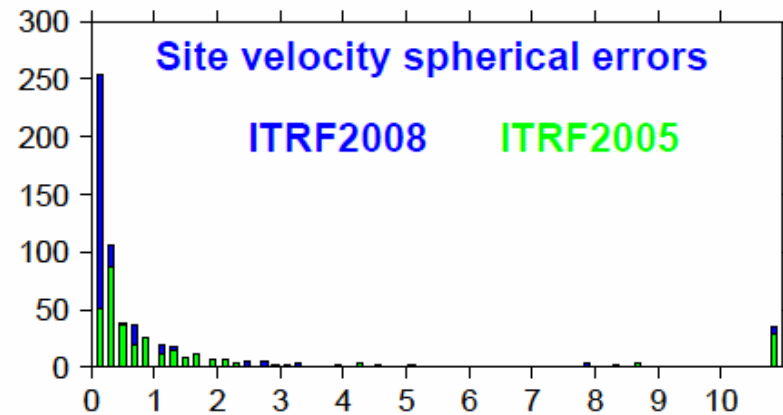
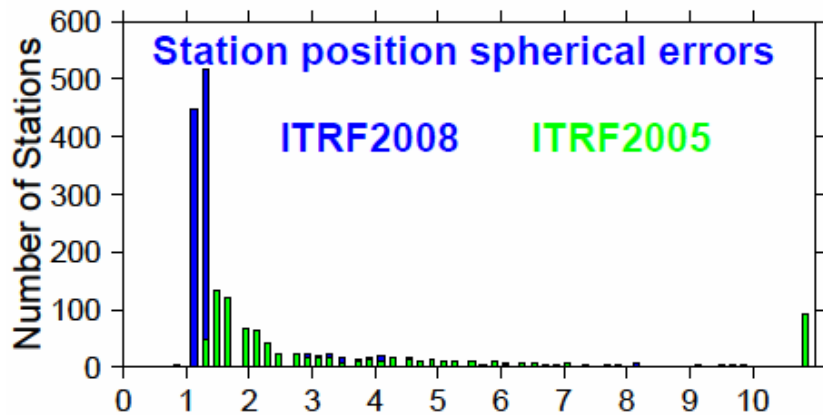
463 Sites Nord

111 Sites Sud

Solutions re-calculées
des 4 techniques



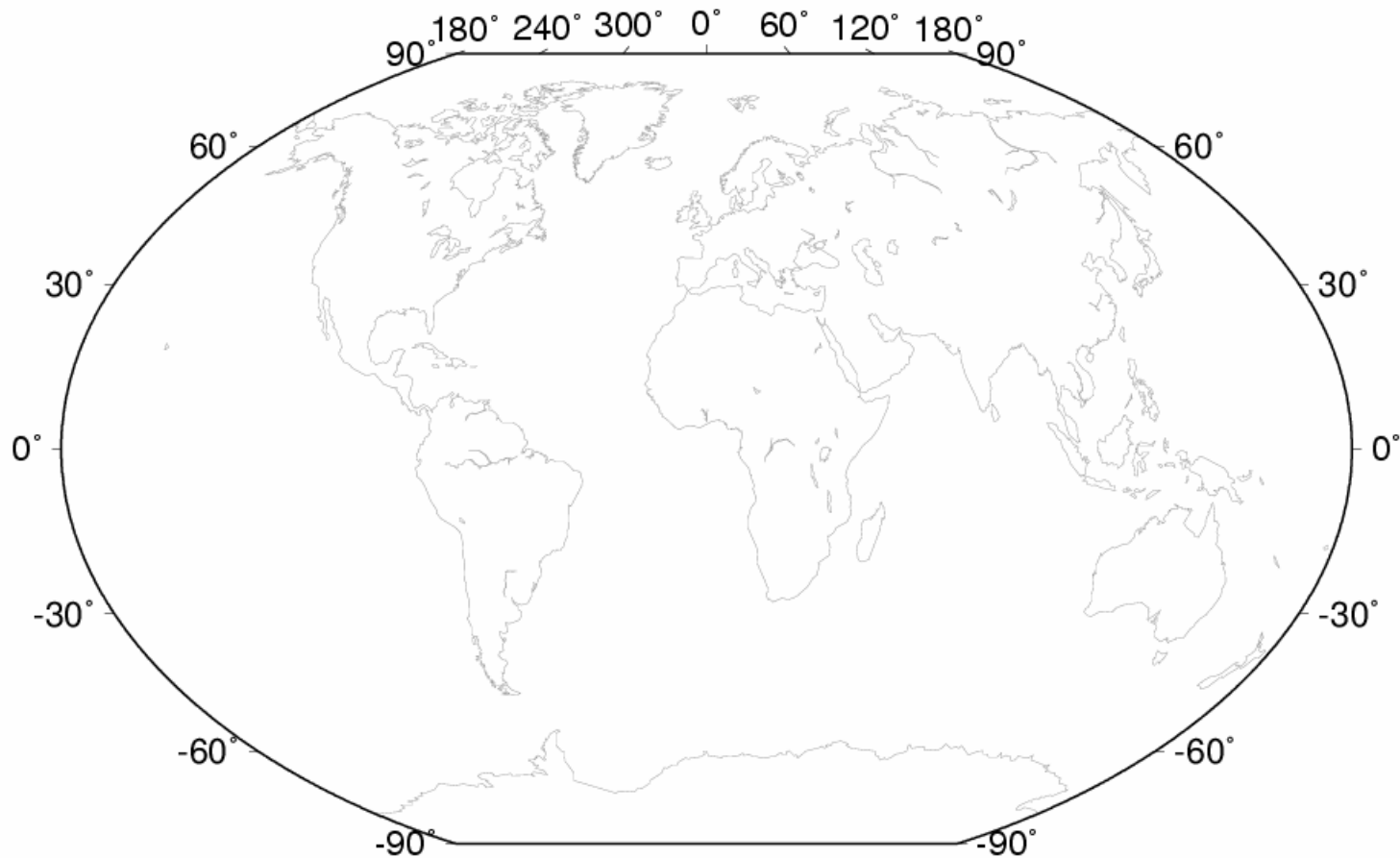
Gain de précision:



Modèles géophysiques

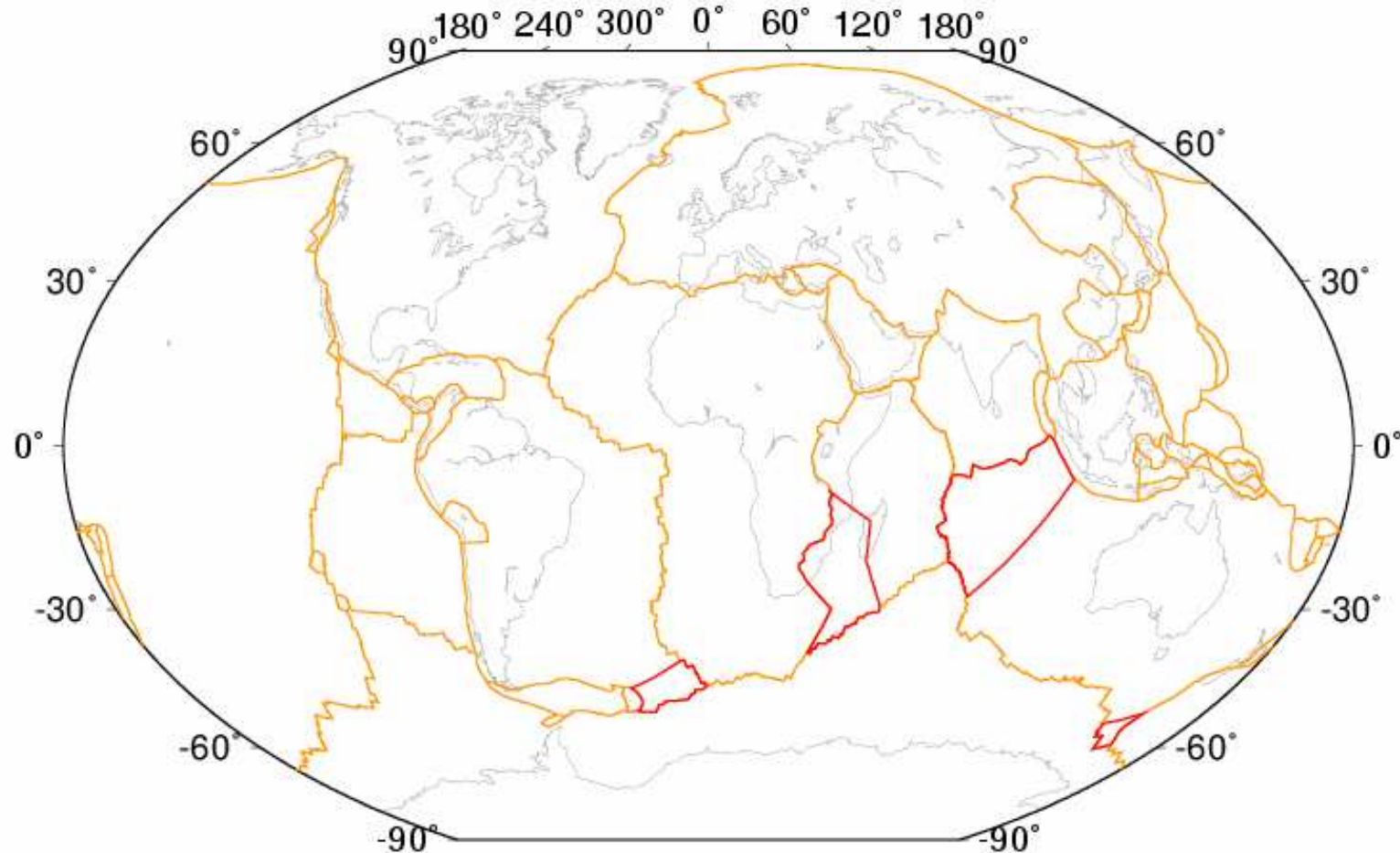
- **Ex. de modèles de mouvement de plaques relatifs**
 - RM2 (Minster and Jordan, 1978)
 - NUVEL-1 & 1A (Demets et al. 1990, 1994)
 - Bird (2003)
 - MORVEL (Demets et al. 2010)
- **Mouvement moyen de la lithosphere sur ~0.78 à 3.16 Ma**
- **Supposent des plaques rigides**
- **Modèles NNR “absolus” déduits des modèles ci-dessus, e.g.:**
 - AM02 (Minster & Jordan, 1978)
 - NNR-NUVEL-1A (Argus et al. 1991)
 - NNR-MORVEL56 (Argus et al. 2011)
- **La géodésie spatiale fournit des vitesses de points, d'où on en déduit des modèles de plaques**

Les continents sans frontières de plaques

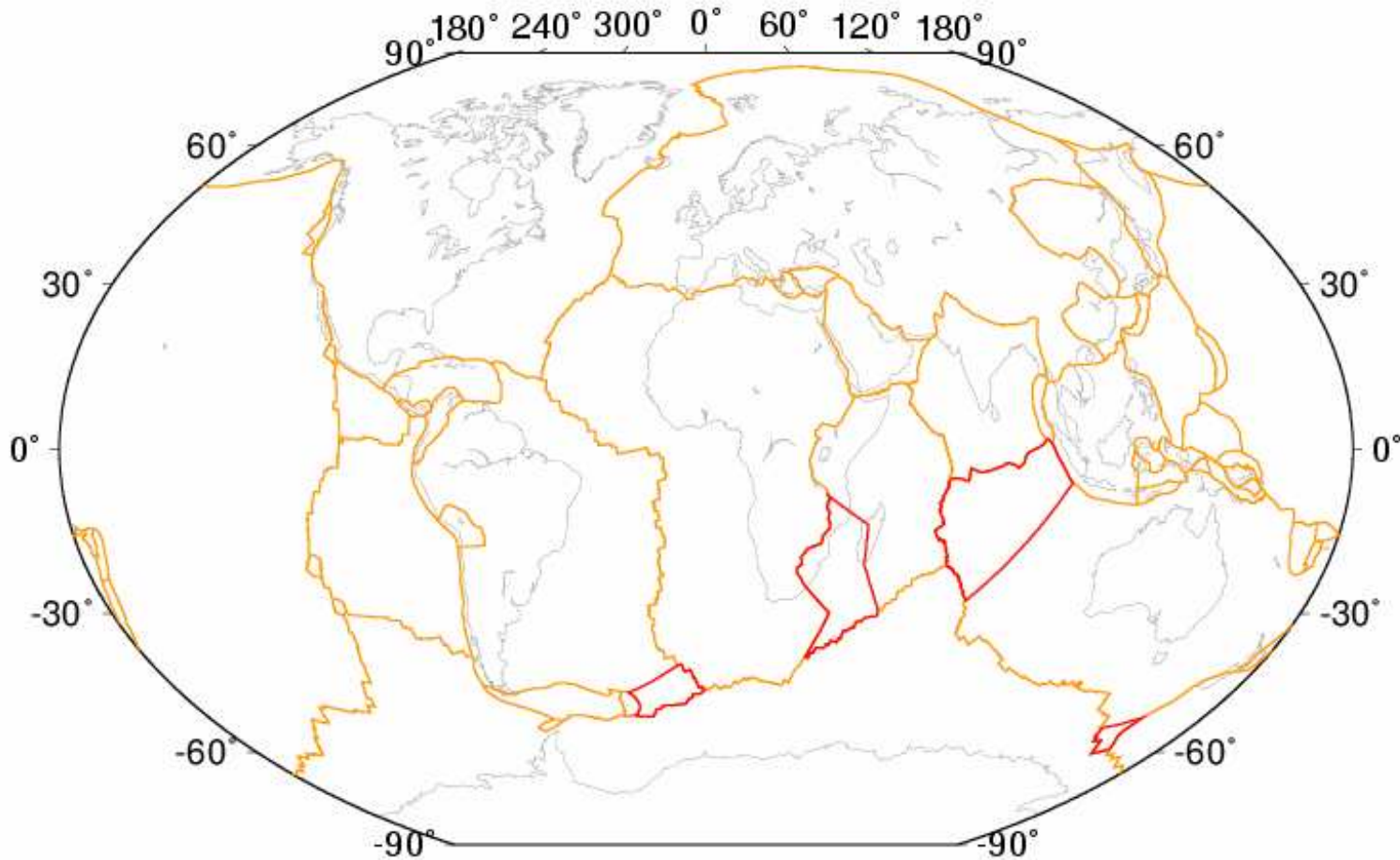


Les continents

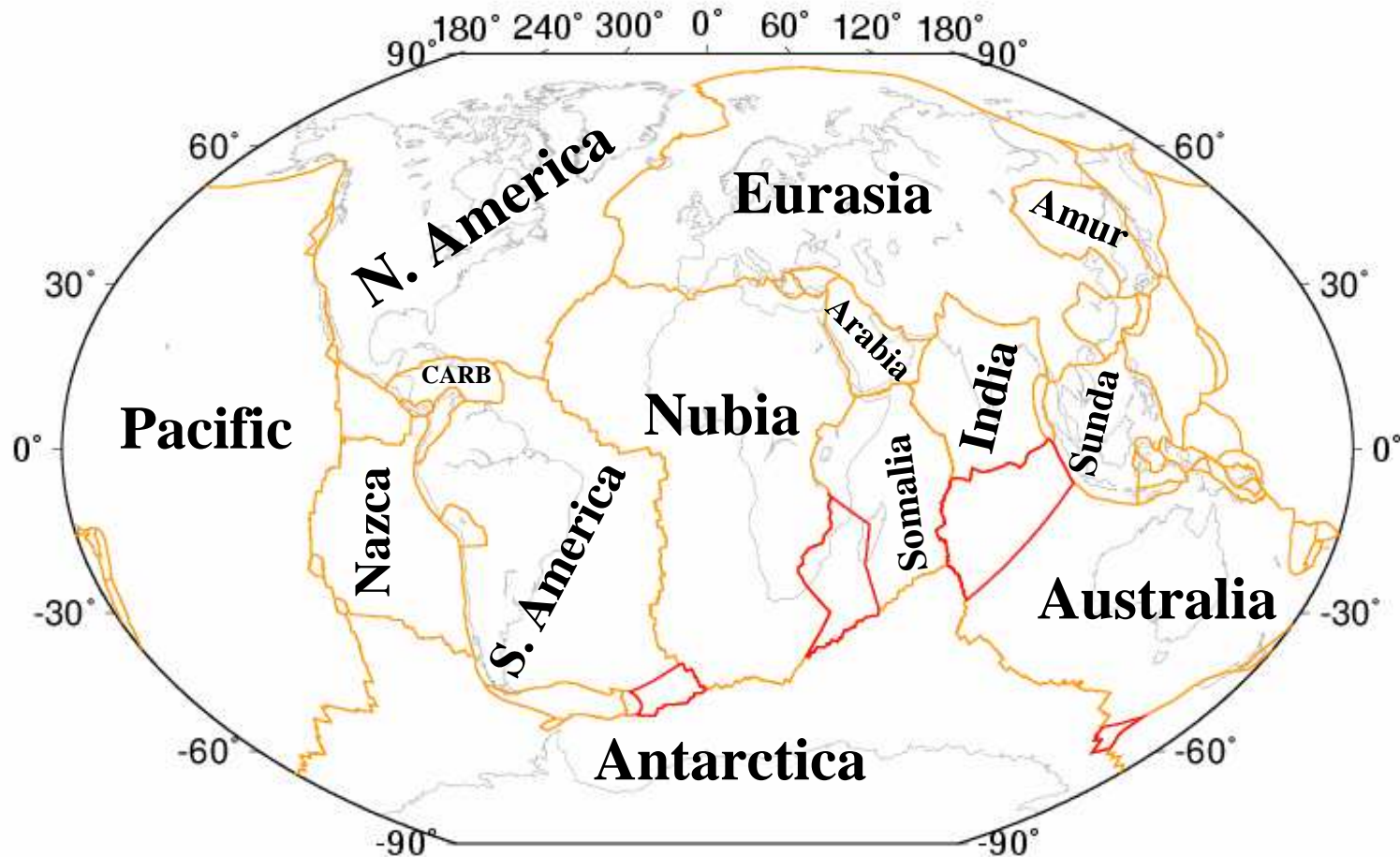
Frontières des plaques: Bird (2003) et MORVEL (2010)
sans frontières de plaques



Frontières des plaques: Bird (2003) et MORVEL (2010)



Frontières des plaques: Bird (2003) et MORVEL (2010)



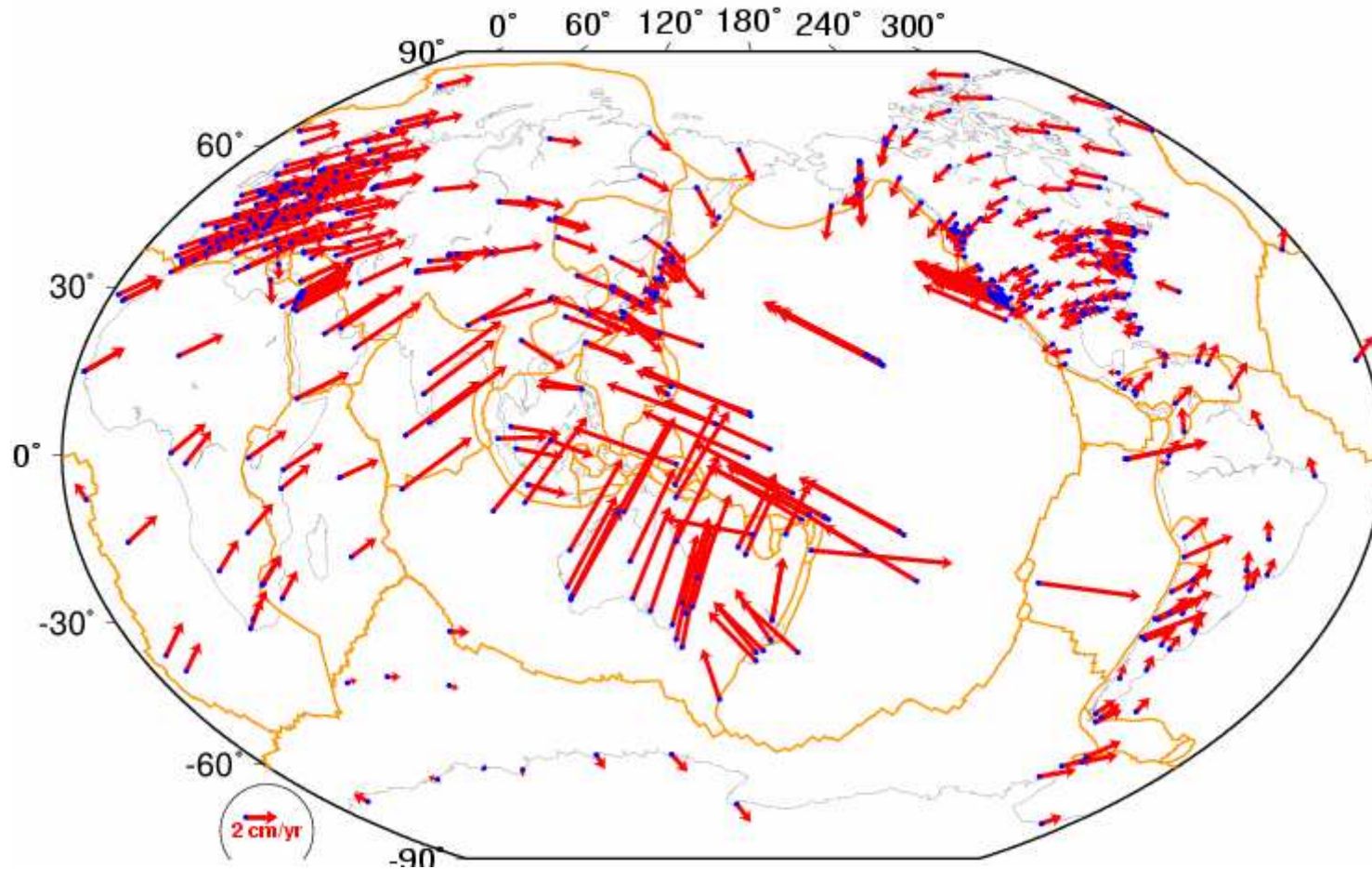
14 plaques estimées via champ de vitesses ITRF2008

Critères de sélection des sites

- **Durée des observations > 3 years**
- **Loin des**
 - **frontières des plaques: 100km Bird (2003)**
 - **zones de deformation (Kreemer et al., 2006)**
 - **zones de rebond post-glaciaire (GIA)**
- **Exclure les points dont le résidu normalisé en vitesse > 3 -sigma**

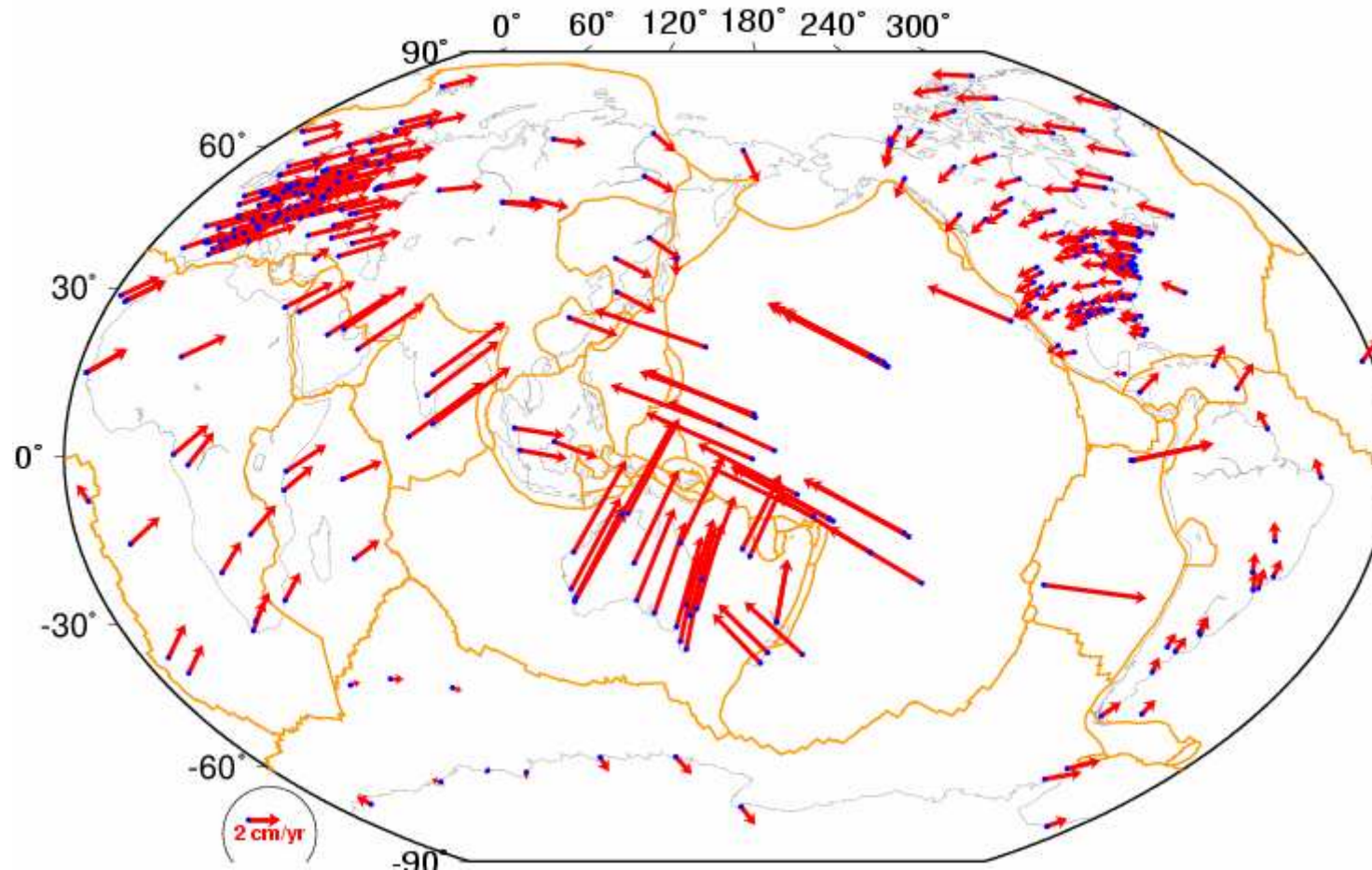
Vitesse des sites ITRF2008 observations > 3 an

509 sites



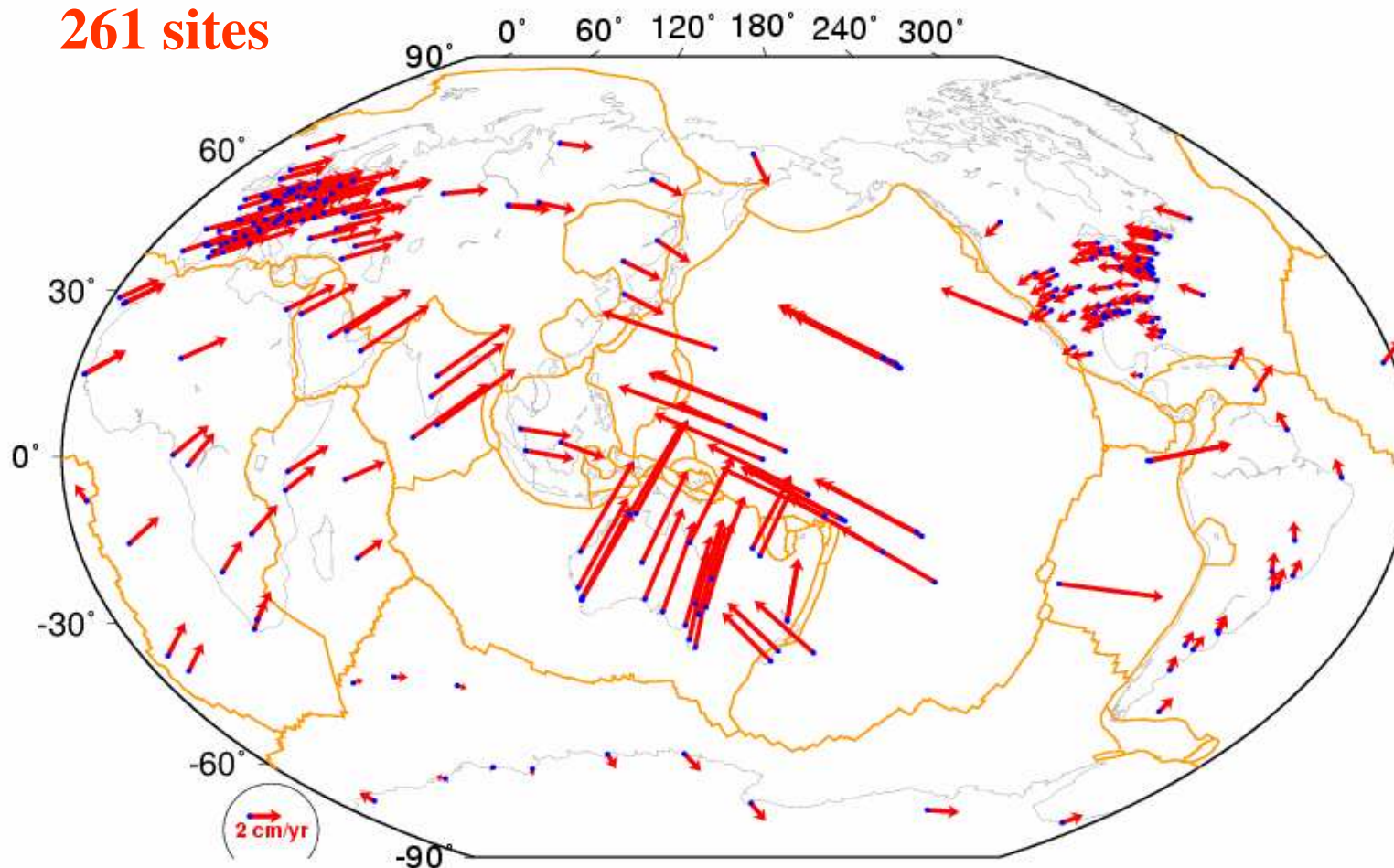
Sites ITRF2008 sélectionnés: Loin des frontières des plaques et zones de déformation

316 sites



Sites ITRF2008 sélectionnés: Exclure les points dans les zones de rebond

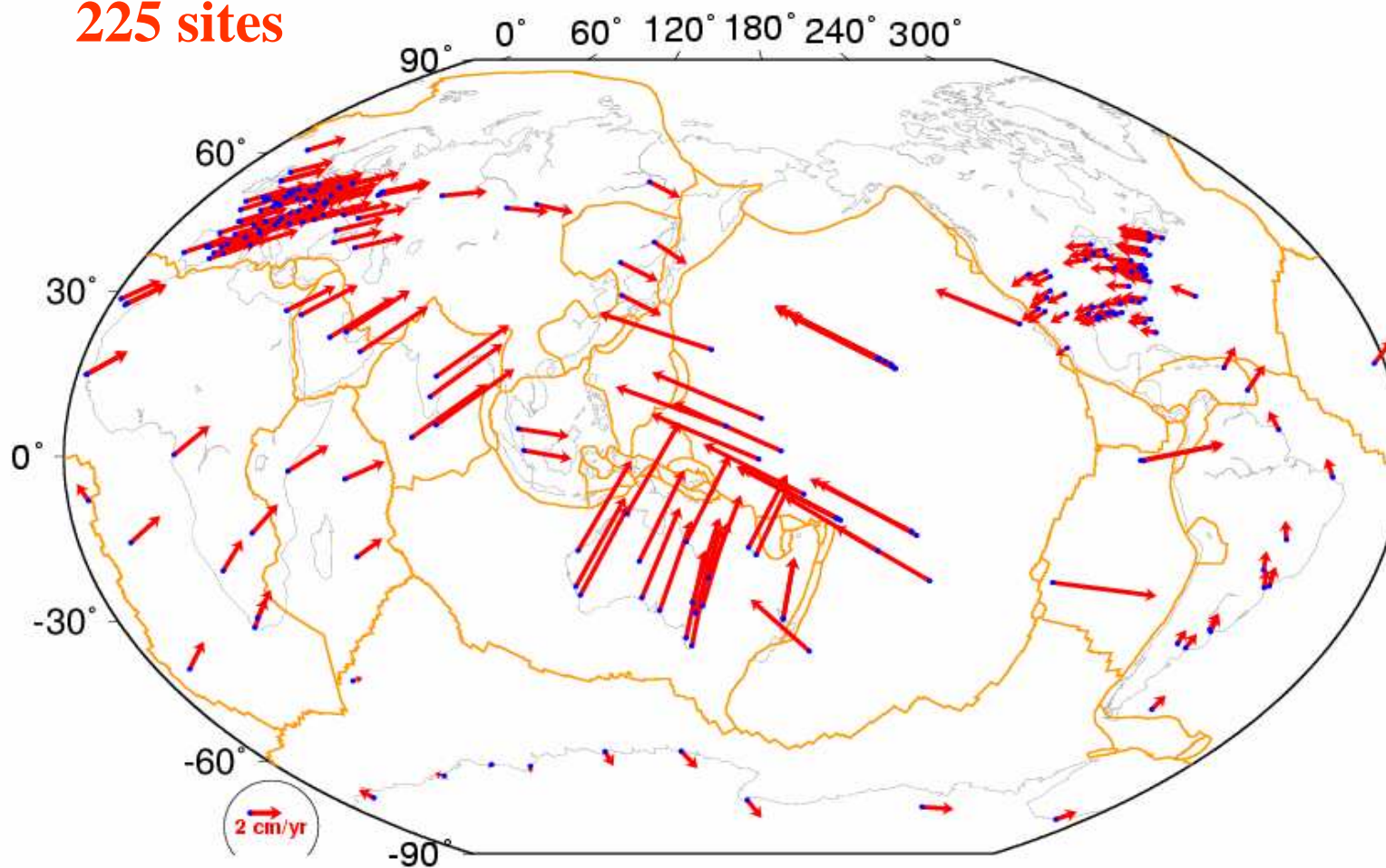
261 sites



Sites ITRF2008 sélectionnés:

Exclure les points dont résidus > 3-sigmas

225 sites



Mouvement des plaques et origine du repère

- Vitesse angulaire ω_p d'une plaque p est estimée par:

$$\dot{X}_i = \omega_p \times X_i$$

- Une dérive en Z (\dot{T}_z) induit une vitesse sur la composante nord:

$$d\dot{N} = \dot{T}_z \times \cos(\phi)$$

- Un biais d'origine, \dot{T} , peut être introduit dans le modèle lorsqu'on estime toutes les plaques ensemble (Argus, 2007) :

$$\dot{X}_i = \omega_p \times X_i + \dot{T}$$

- \dot{T} est contraint par les vitesses horizontales seulement, alors qu'un biais d'origine est fonction des vitesses 3D

$$(\dot{T}_z)$$

- En utilisant des vitesses 2D (ITRF2005, ITRF2008), Argus (2007), Argus et al. (2010, 2011) : **1.2 mm/an**
- Kogan et Steblov (2008): **2.5 mm/an**
- Une autre approche par Argus et al. (2010): Combinant géodésie spatiale pour les vitesses 2D et modèles GIA pour les vitesses verticales: entre **0.1 et 1.1 mm/an** selon les modèles GIA utilisés
- Wu et al. (2011) ont décomposé \dot{T} en: **dérive de l'origine** et **vitesse du géocentre (fonte des glaces récente et GIA)**. En utilisant des vitesses ITRF2008 **3D**, données GRACE et modèles OBP: **0.5 mm/an** pour la dérive et **0.9 mm/an** pour la vitesse du géocentre, donc **1.4 mm/an** au total

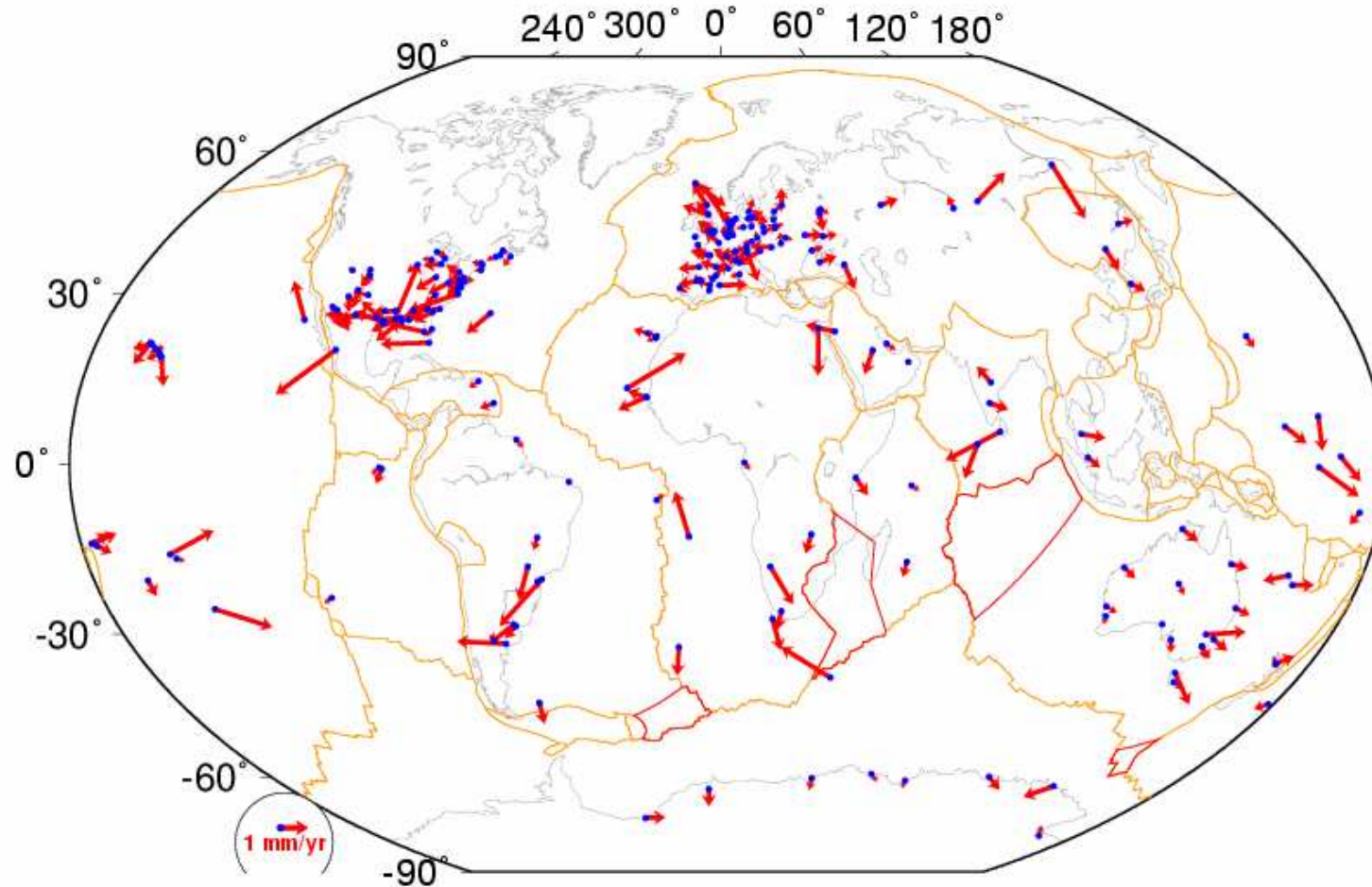
Estimation du biais de l'origine

- Nos valeurs pour les trois composantes de \dot{T}

Number of sites			\dot{T}_x	\dot{T}_y	\dot{T}_z
Total	EURA	NOAM	mm/a		
225	74	54	0.40	0.31	0.44
			± 0.27	± 0.32	± 0.29

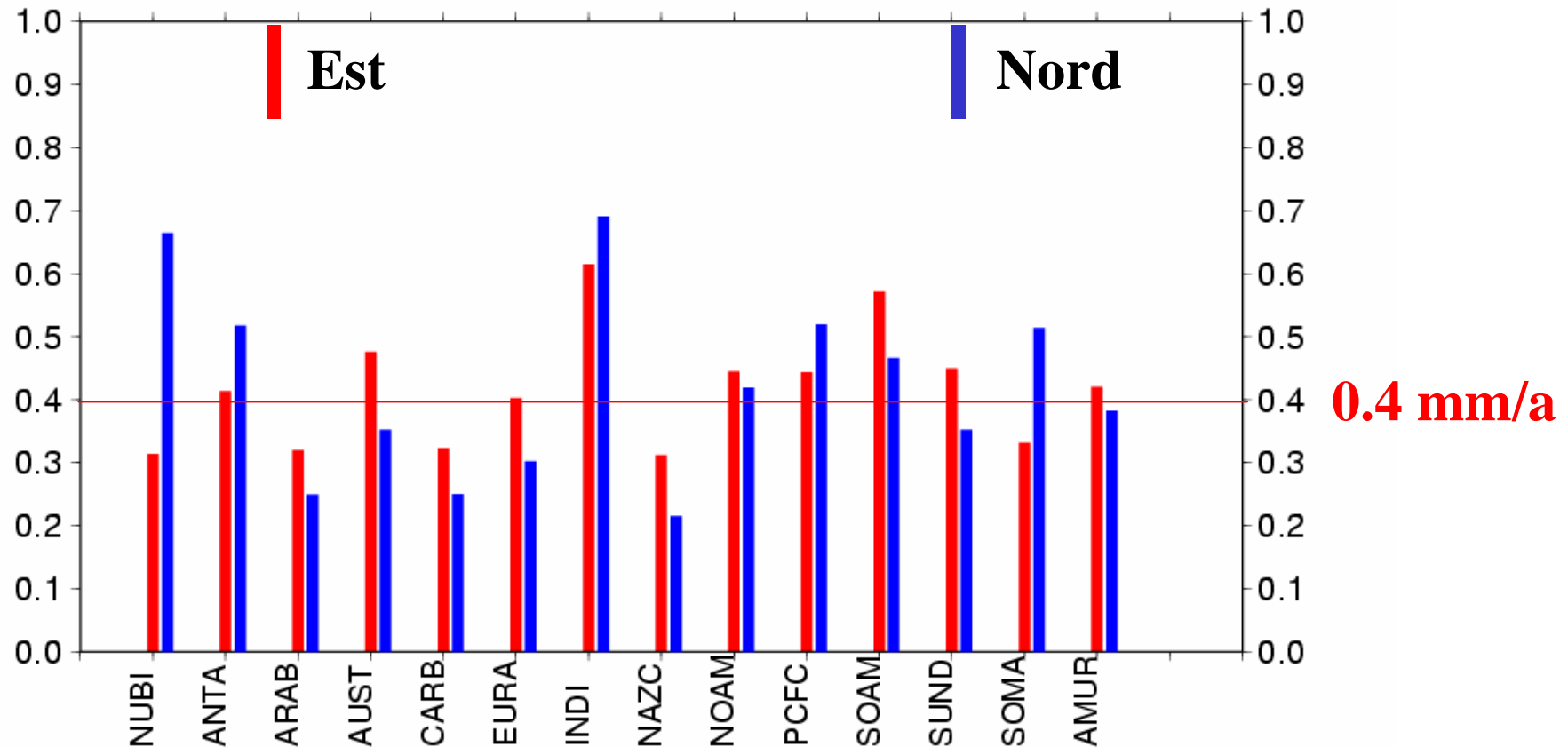
- à 2-sigma, on considère que le biais est négligeable
- ==> estimation des pôles de rotation sans translation

Vitesses résiduelles



Warning: Unité 1 mm/an

WRMS (mm/a) par plaque

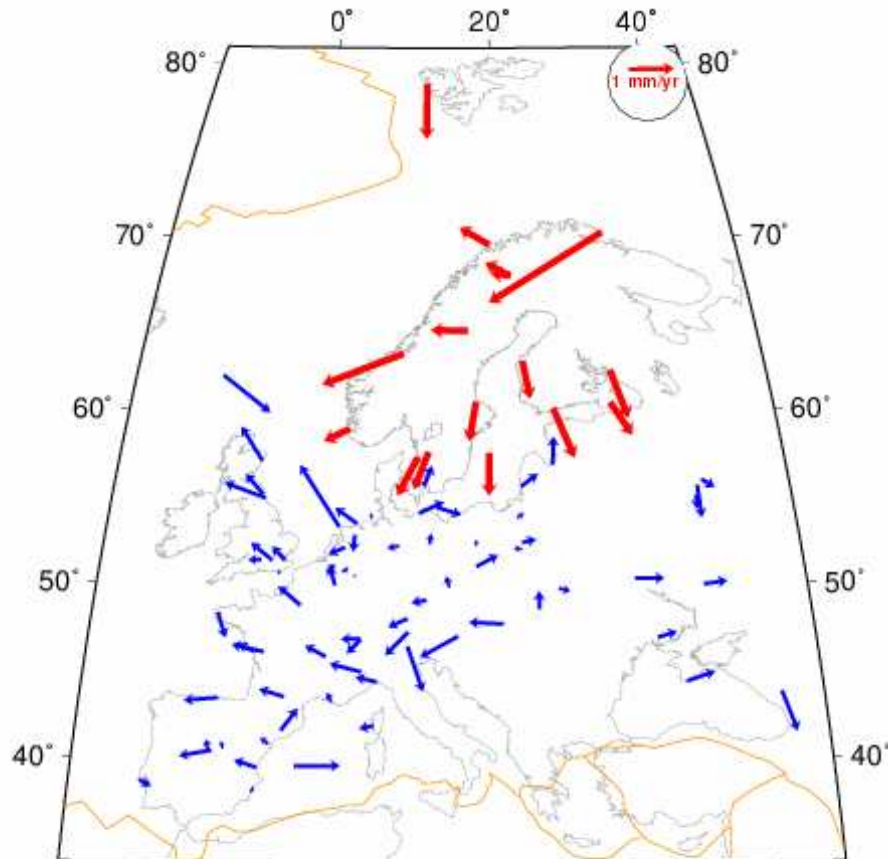


Mvt des plaques et Rebond post-glaciaire

Vitesses résiduelles en Eurasie

Bleu : points retenus

Rouge : points rejetés



Trois modèles GIA testés

- Schotman & Vermeersen [2005] améliore le fit en EURA, mais dégrade en NOAM & ANTA

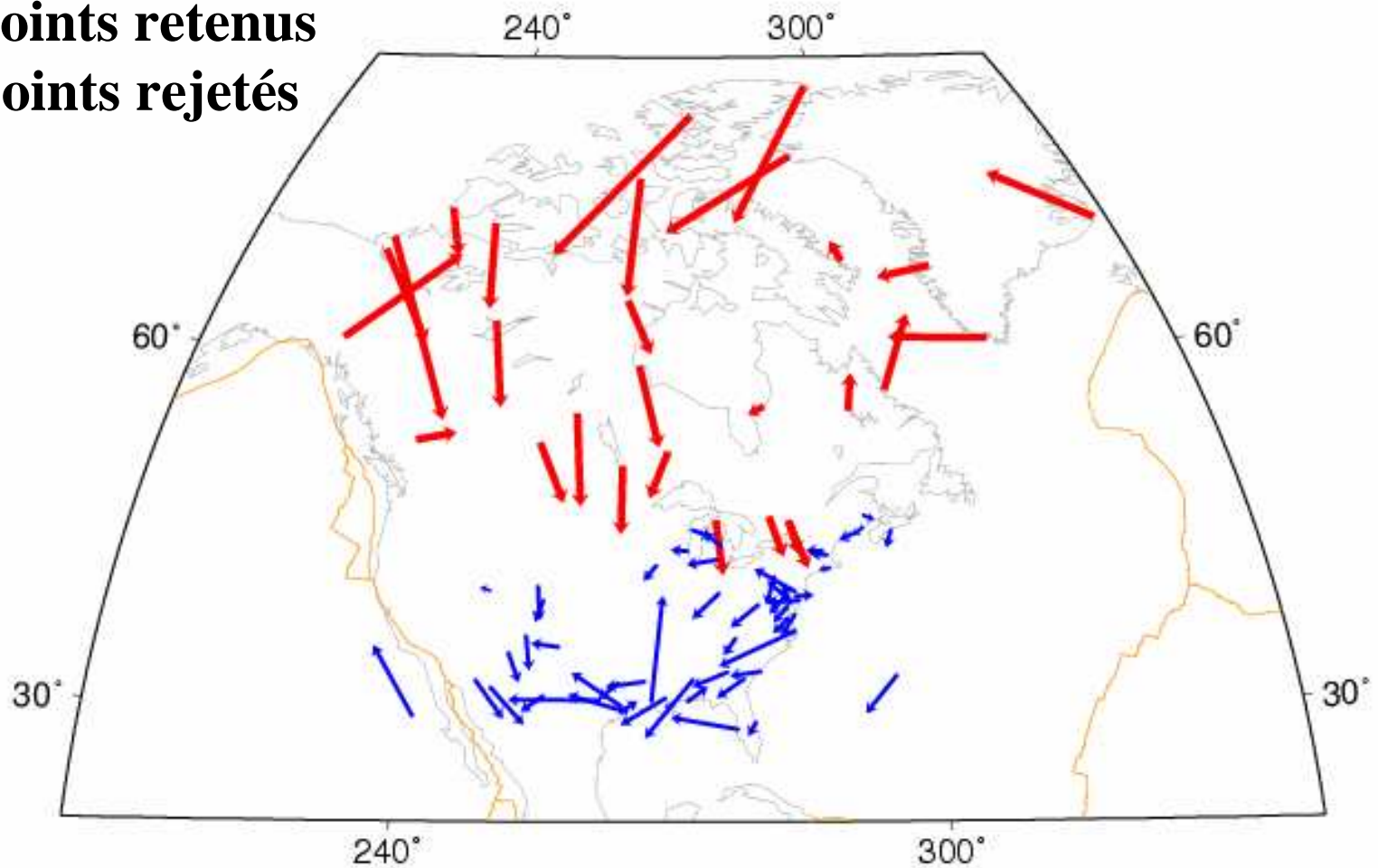
- VM2 & VM4 [Peltier 2004] améliore partiellement en EURA & dégrade en NOAM & ANTA

Mvt des plaques et Rebond post-glaciaire

Vitesses résiduelles en Amérique du nord

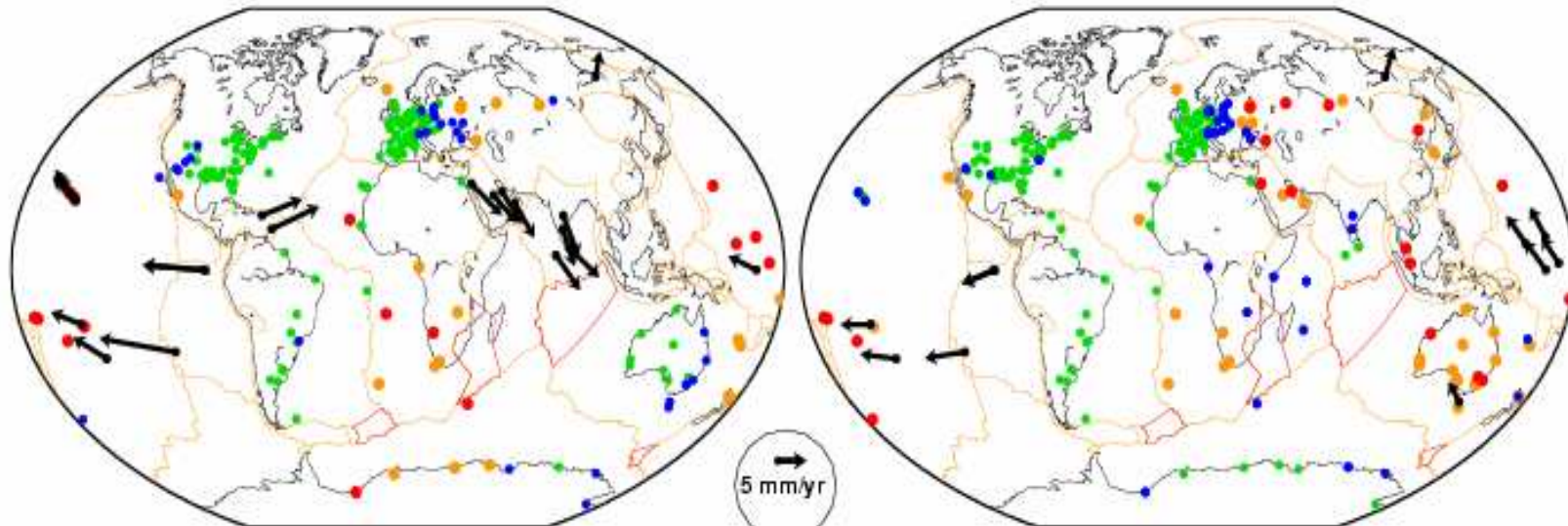
Bleu : points retenus

Rouge : points rejetés



Comparaison entre ITRF2008 & NNR-NUVEL-1 & NNR-MORVEL56

Différences de vitesses après transformation



NNR-NUVEL-1A

RMS:

East : 2.4 mm/yr

North: 2.1 mm/yr

- Green: 1-2 mm/yr
- Blue : 2-3 mm/yr
- Orange: 3-4 mm/yr
- Red : 4-5 mm/yr
- ←● Black : > 5 mm/yr

NNR-MORVEL56

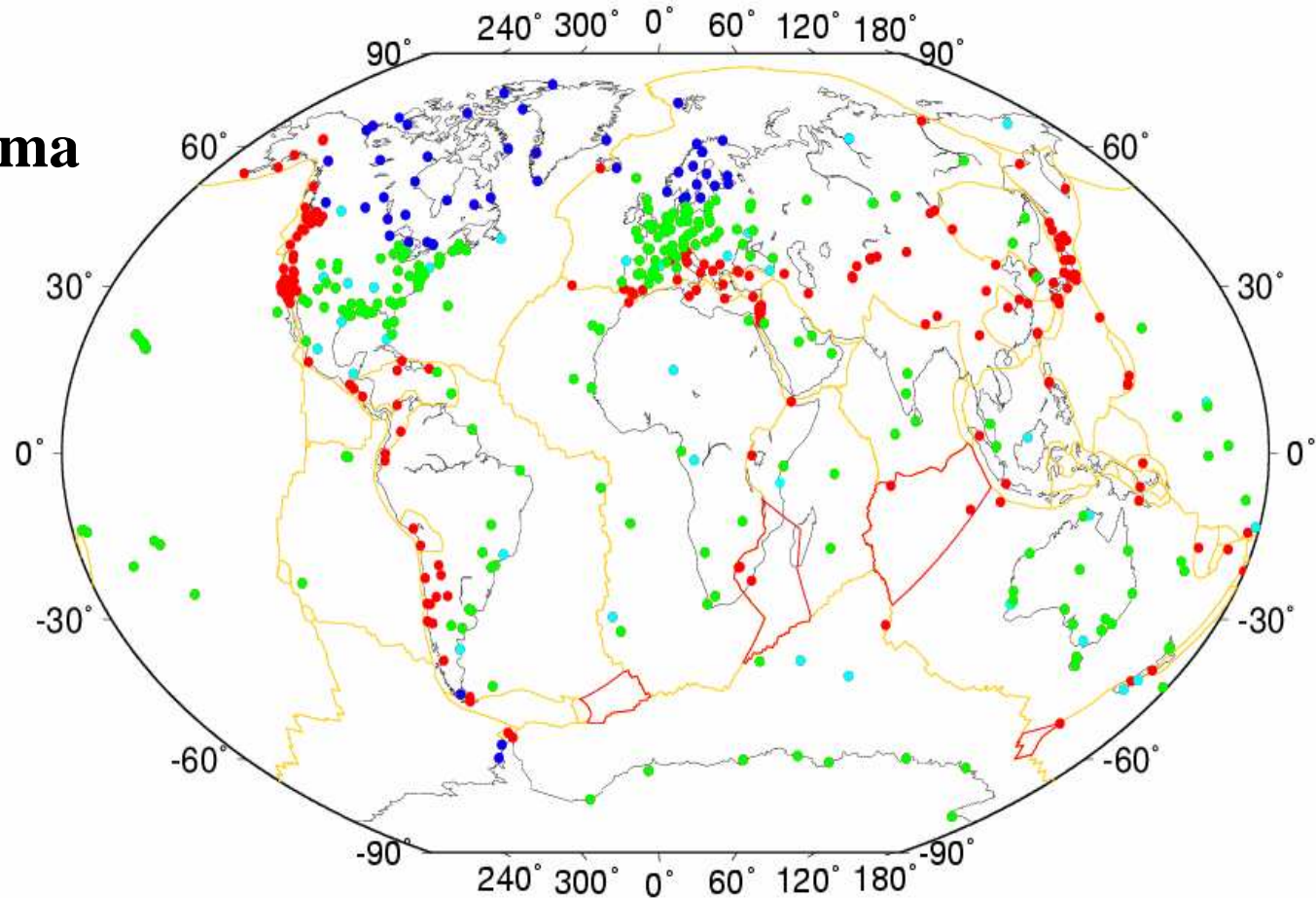
RMS:

East : 1.8 mm/yr

North: 1.9 mm/yr

Plaques rigides et zones de déformation

- Frontières des plaques et zones de déformation
- GIA
- Résidus > 3-sigma
- Sélection finale



Conclusion

- Modèle ITRF2008 de mouvement de 14 plaques précis à **0.4 mm/an**
- Biais d'origine statistiquement négligeable
- Biais d'origine est fonction du réseau choisi
- Comparaisons aux modèles géologiques:
 - Rotation de **1.8 mm/an** entre NNR-MORVEL56 & NNR-NUVEL-1A
 - Rotation de **2.5 mm/an** entre ITRF2008 et NNR-MORVEL56
 - **Une rotation importante de 4.6 mm/an de la plaque Australie par rapport à NNR-NUVEL-1A et ITRF2008**
- La réalisation implicite de la condition de non rotation (NNR) est de l'ordre de **~ 2 mm/an**