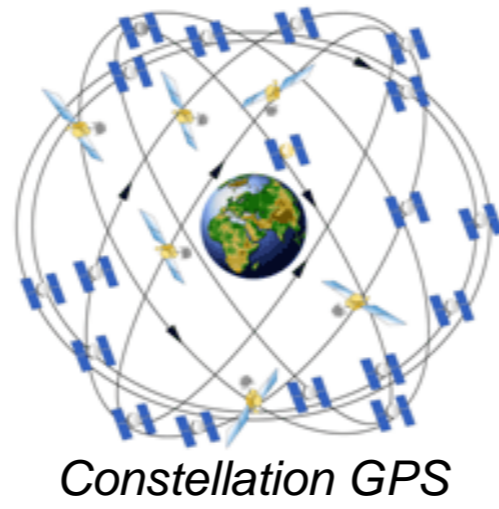


# ETUDE DE FAISABILITE DE LA TOMOGRAPHIE IONOSPHERIQUE BASEE SUR LES OBSERVATIONS GNSS EN EUROPE

J.M. Chevalier  
jmchev@oma.be

## I. INTRODUCTION

Système de positionnement par satellites Global Navigation Satellite System (GNSS)

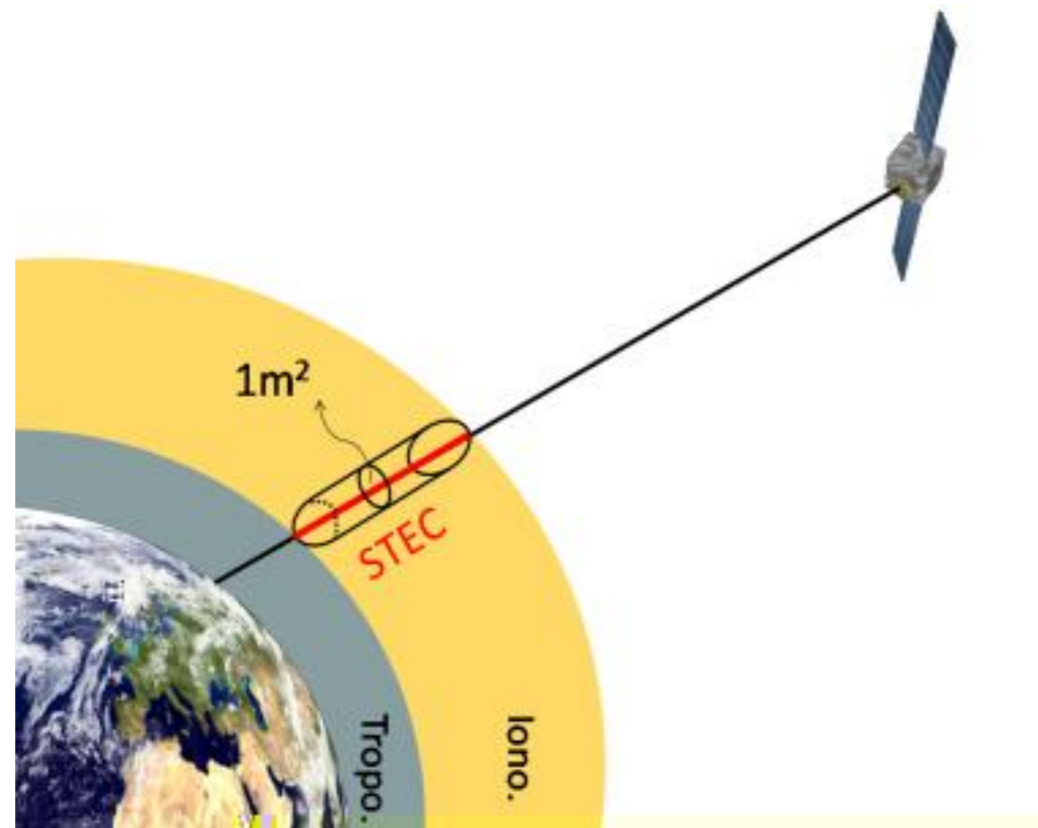


$$d_{SR} = c \times (t_{reception} - t_{emission}) = c \cdot \Delta t$$

### Atmosphère

- ⇒ induit un délai sur le temps de parcours mesuré
- Troposphère de 0 à 60 km d'altitude: Vapeur d'eau
- **Ionosphère** de 60 à 1000 km d'altitude
  - Milieu ionisé, dû aux rayonnements solaires
  - Evolution dépendante de l'heure de la journée, de la saison, de la position géographique
  - Les électrons affectent la propagation du signal
- ⇒ paramètre caractéristique: nombre d'électrons  $Ne$  rencontrés par le signal depuis le satellite jusqu'au récepteur, Slant Total Electron Content (**STEC**)

$$STEC = \int_{Récepteur}^{Satellite} Ne(r, \theta, \phi) \cdot dl$$



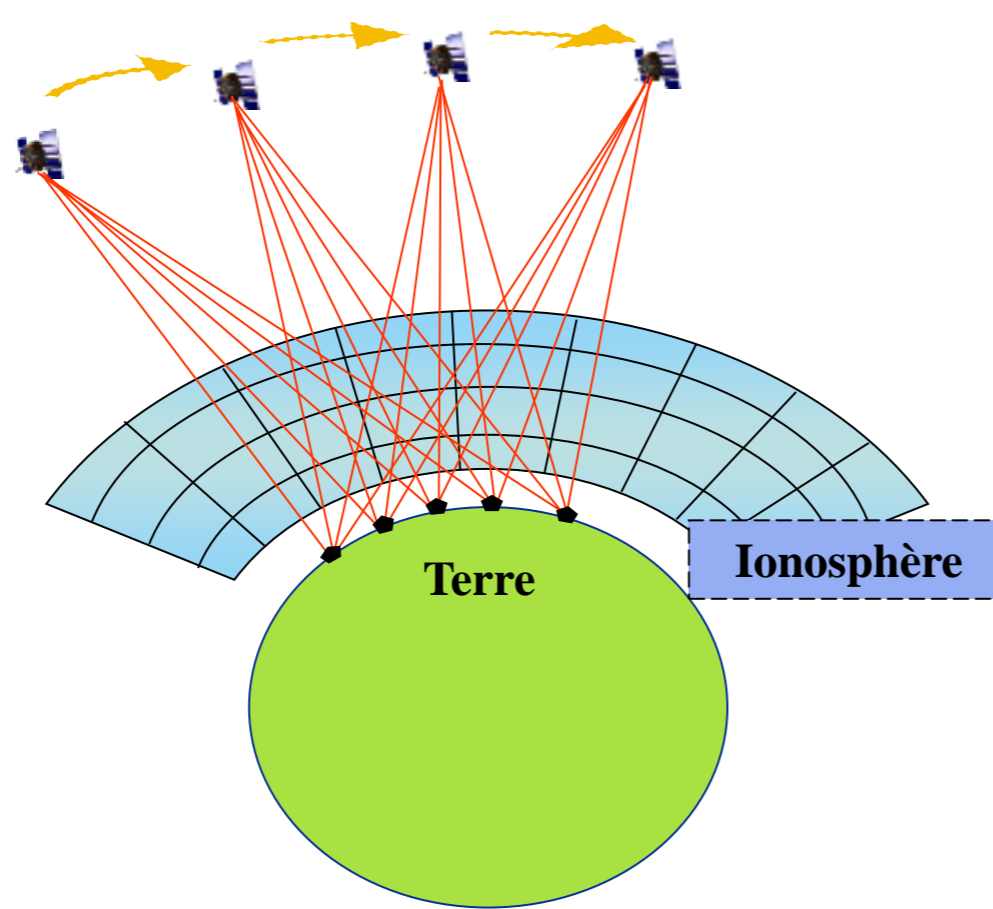
### Tomographie ionosphérique

Problème inverse :

- Résoudre les densités électroniques locales  $Ne$  à partir de données **STEC**

$$STEC = \sum_{ij} l_{ij} \times Ne_k$$

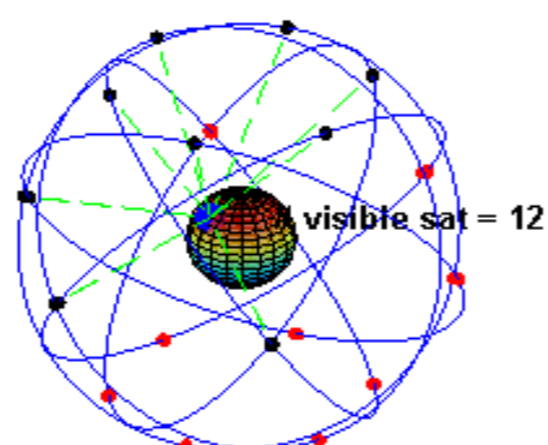
- Maillage 3D de l'ionosphère pour le calcul des longueurs de parcours du rayonnement de chaque voie



### Détermination de stations permanentes GNSS

- Stations réparties dans 38 pays en Europe

Permanent Tracking Network



6 à 15 satellites GPS visibles depuis une station à tout instant

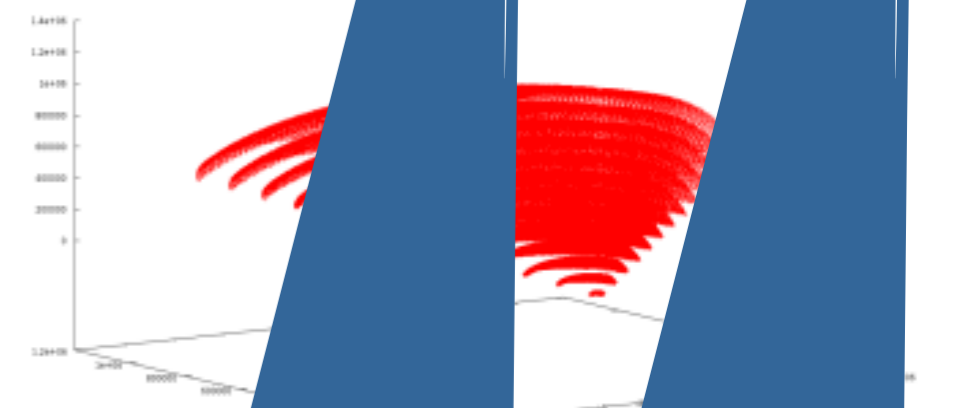
## II. PROBLEMATIQUE ET METHODE

### Problématique

- Quel est le potentiel du réseau EPN et du système GPS pour faire de la tomographie ionosphérique ?
- Quelle est la valeur ajoutée des systèmes GNSS : Galileo et GLONASS ?

### Méthode

- Quantification spatiale et temporelle des signaux GNSS dans l'ionosphère



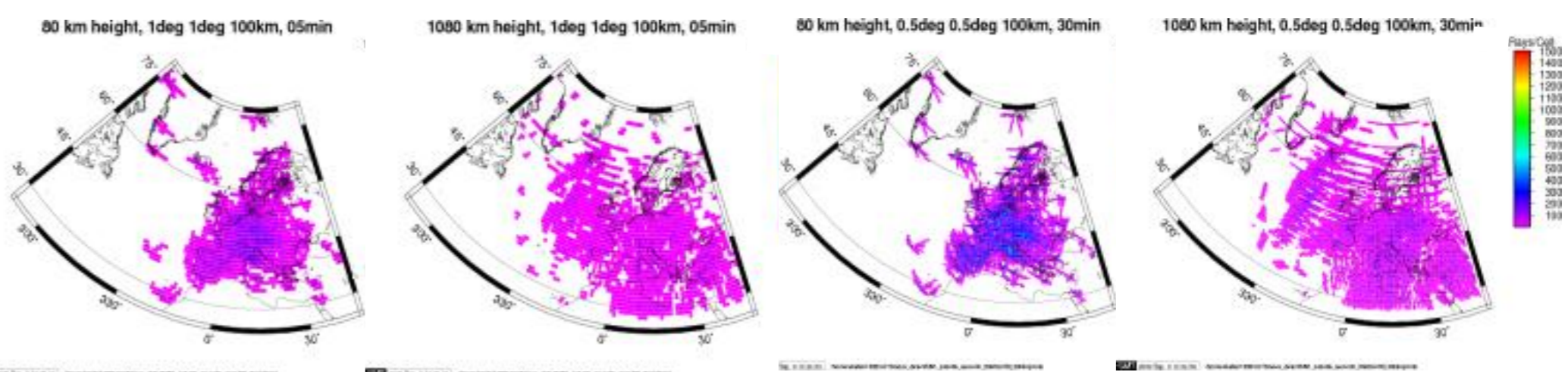
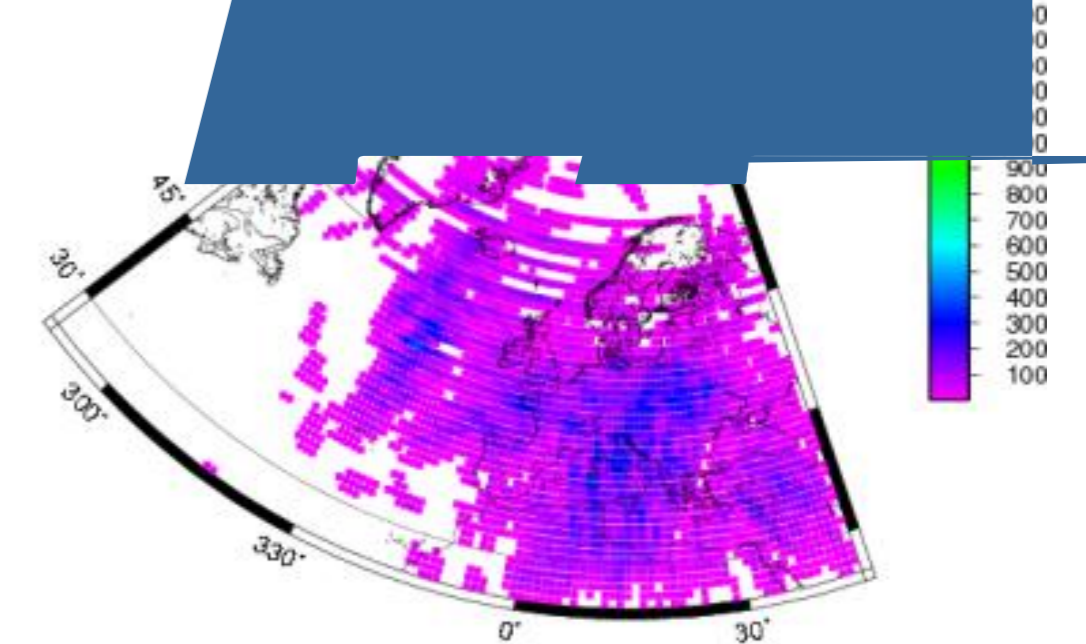
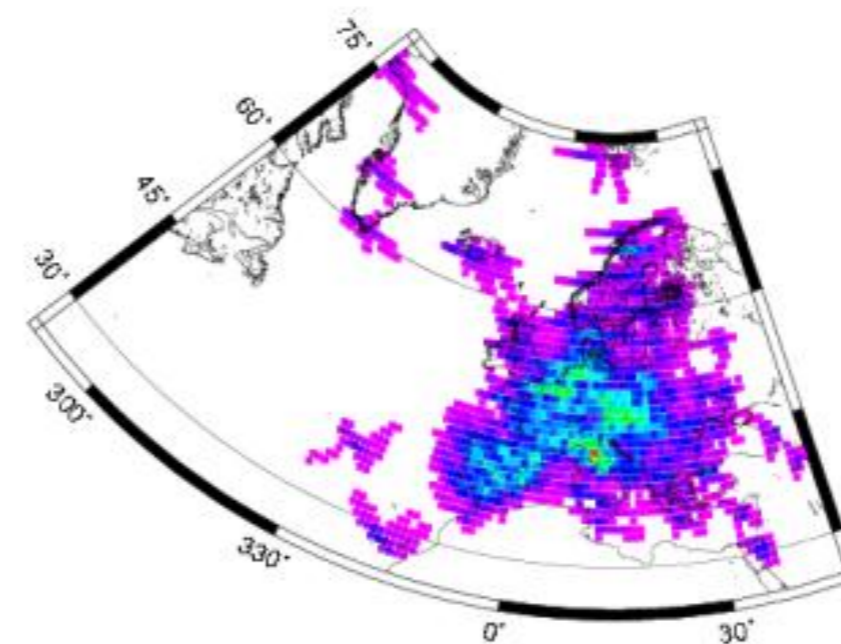
## III. RESULTATS

FF

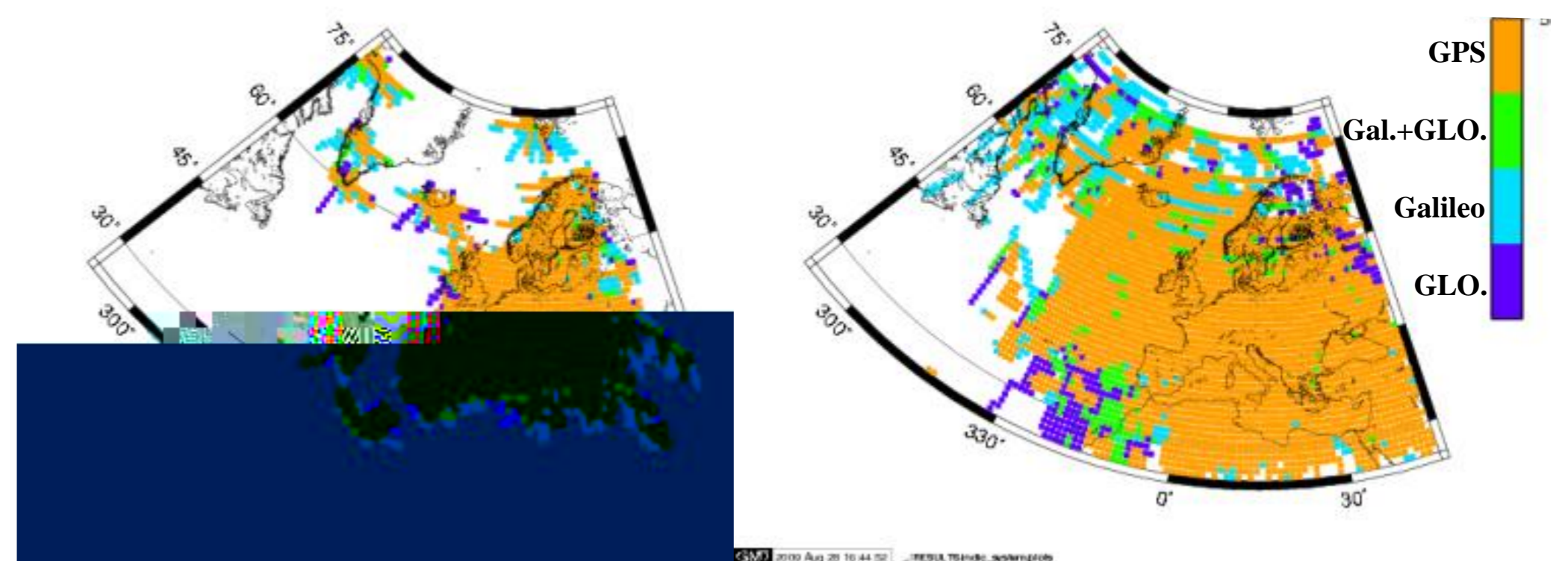
DM

Signal distribution at 80 km height, 12h00

Signal dis



### Contribution des systèmes Galileo et GLONASS



## IV. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

- Avec les outils développés nous avons démontré le potentiel de futurs réseaux et constellations multi-GNSS en Europe pour imager l'ionosphère pendant le prochain maximum solaire en 2012 (Galileo et GLONASS devraient être complètement opérationnels, Full Operational Capability).
- Détermination d'une zone d'étude:
  - à basse altitude : -10° à 30° en longitude, 35° à 60° en latitude
  - à haute altitude : -30° à 45° en longitude, 30° à 70° en latitude
  - ⇒ Connaissance suffisante par rapport à la répartition des signaux GNSS au sein de l'ionosphère en Europe, pour développer l'inversion tomographique.