

# Traitement GPS avec GINS

**Contexte et problèmes posés**

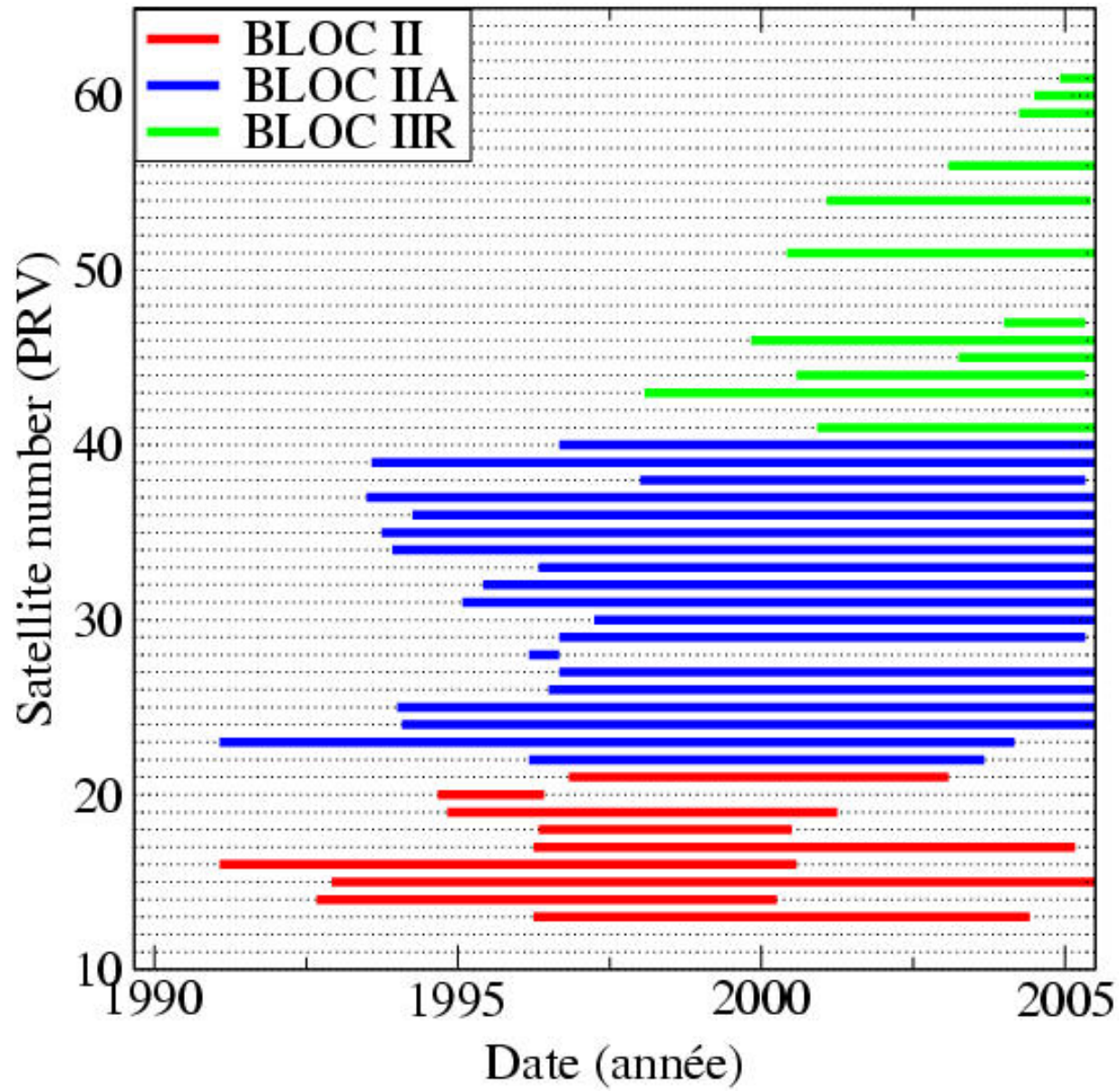
**Solutions adoptées pour GINS**

**Les différentes “boîtes” de traitement : rôle et contenu :**

- détection des sauts
- PDGR90
- DOUBLE90
- PREPARS
- GINS
- DYNAMO

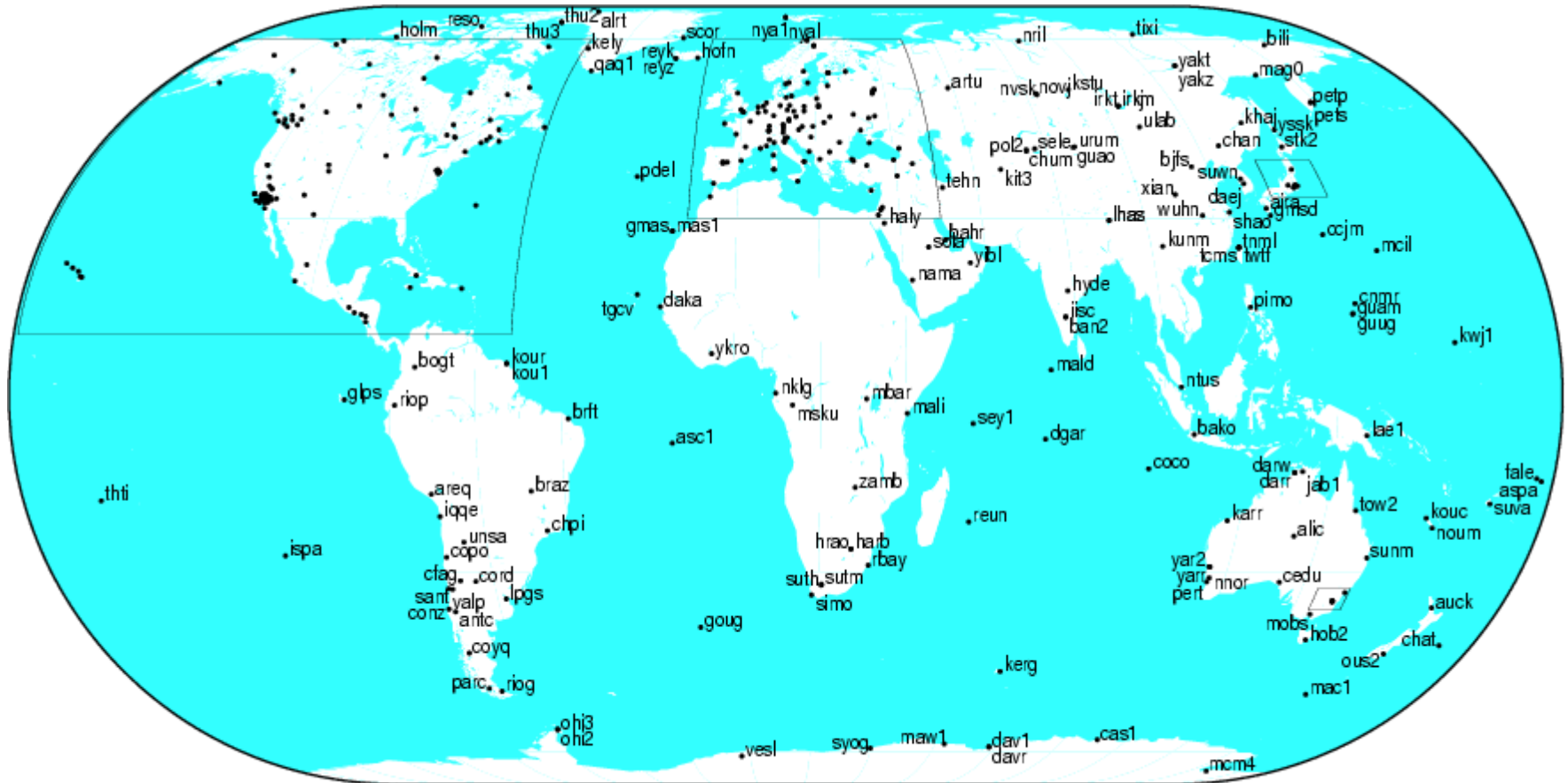
# Contexte : la constellation GPS

GPS : une constellation de satellites qui évolue:  
été 2006 : 28 satellites  
en activité.



# Contexte : le réseau mondial

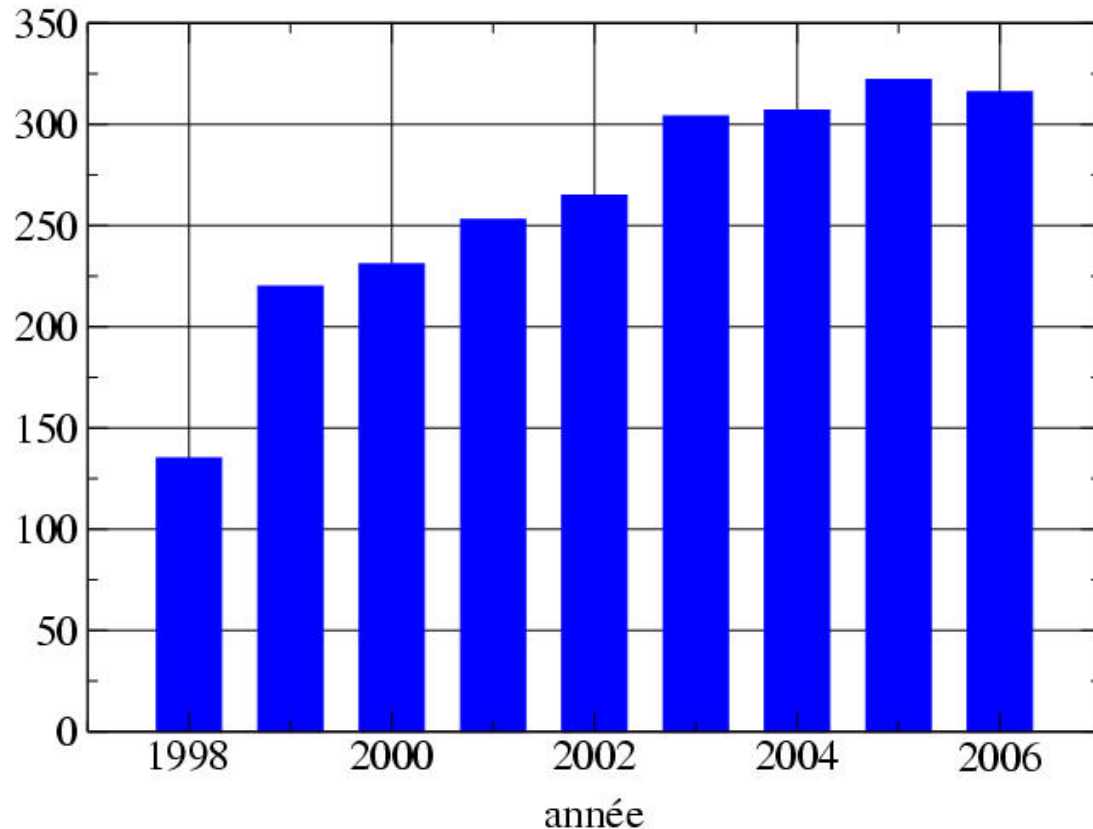
GPS : un réseau mondial de stations qui augmente chaque jour :  
exemple : stations du réseau IGS



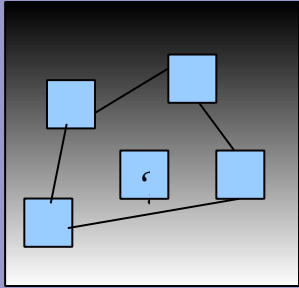
# Contexte : les récepteurs

GPS : un réseau mondial de stations qui augmente chaque jour :

Exemple : nombre de récepteurs dont les données sont archivées à l'IGN depuis 1998



# GPS : des utilisations variées



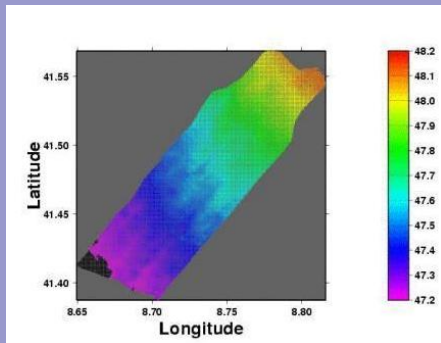
Rattachements



Réseaux permanents



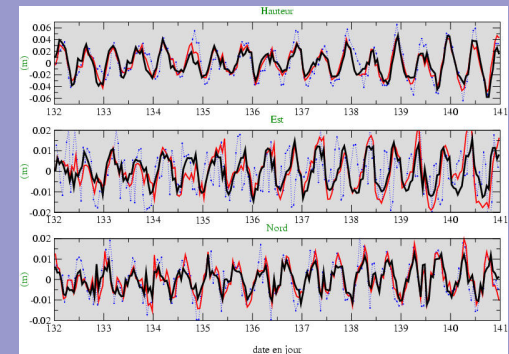
Détermination  
d' orbites GPS



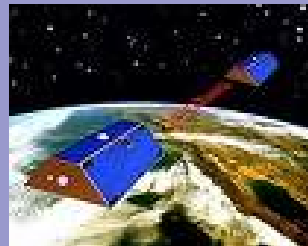
Surfaces moyennes  
océaniques



Rotation terrestre



Mouvements de déformation



Suivi des LEOs



# Problématiques du traitement GPS

Problème posé :

=> solution adoptée pour GINS

- gérer l'historique des satellites, des récepteurs, des antennes :

**=> Fichiers d'historique des stations et des satellites**

- faire des calculs précis s'appuyant sur les meilleurs modèles et standards :

**=> Calcul quantité théorique et modèles communs à toutes les mesures de géodésie spatiale**

- résoudre une grande variété de problèmes de géodésie :

**=> Fonctionnement en “boîtes” (prétraitements/GINS/DYNAMO)**

# Les fichiers “historiques”: STATIONS et SATELLITES

Historique des satellites depuis 1980

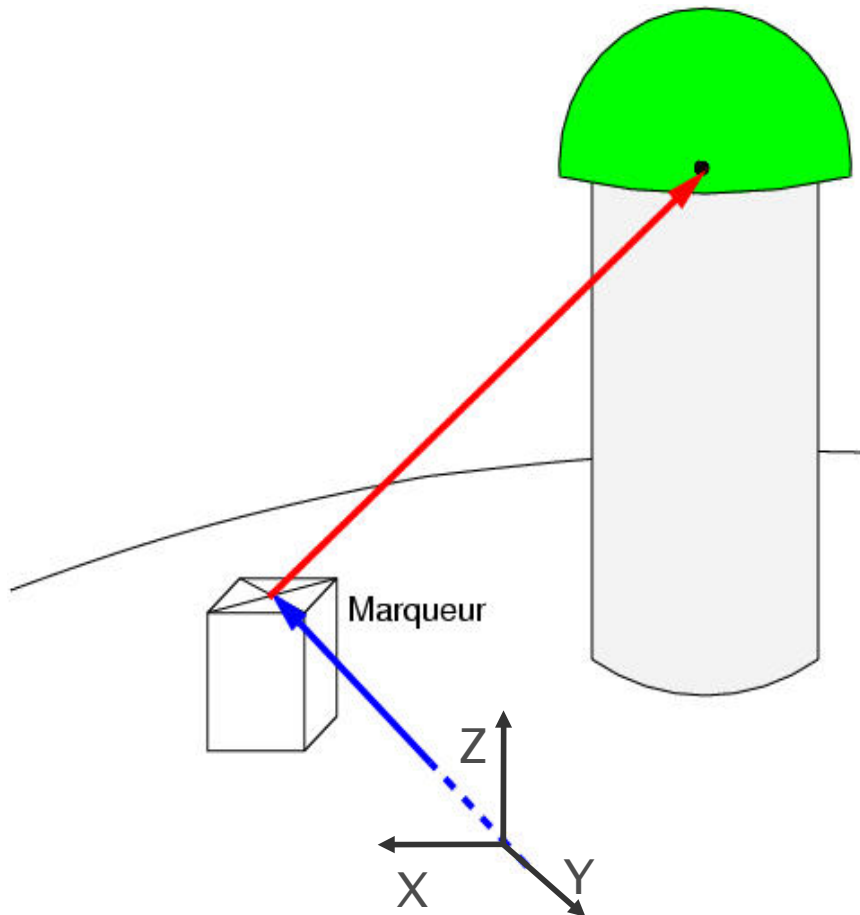
## **Fichier : constellation\_gps.infos**

- Lien entre numéro PRN (dans les RINEX) et type du satellite
- Il contient
  - le numéro PRN (apparaissant dans les RINEX)
  - les dates de mise en marche et de manoeuvres (mesures supprimées)
  - le type de bloc I , IIA , IIB IIR , IIF , ...etc  
qui influe sur les centre de phase et la modélisation dynamique.

# Les fichiers “historiques”: STATIONS et SATELLITES

49903 M001 HOLP  
4990303 GRG3 HOLP AS Z-X113  
4990306 GRG3 HOLP AS Z-X113

-2500945.815	0.002	-4670473.245	0.003	3539500.425	0.003	-0.0298	~.0011	0.0260	~.0015	0.0100	~.0011	010197	i20i20	
-0.103	0.000	-0.200	0.000	0.156	0.000	ASH700718B	NONE	10965				050495	180595	igs05
-0.084	0.000	-0.156	0.000	0.119	0.000	ASH700936A_M	SNOW	11481				190595		igs05



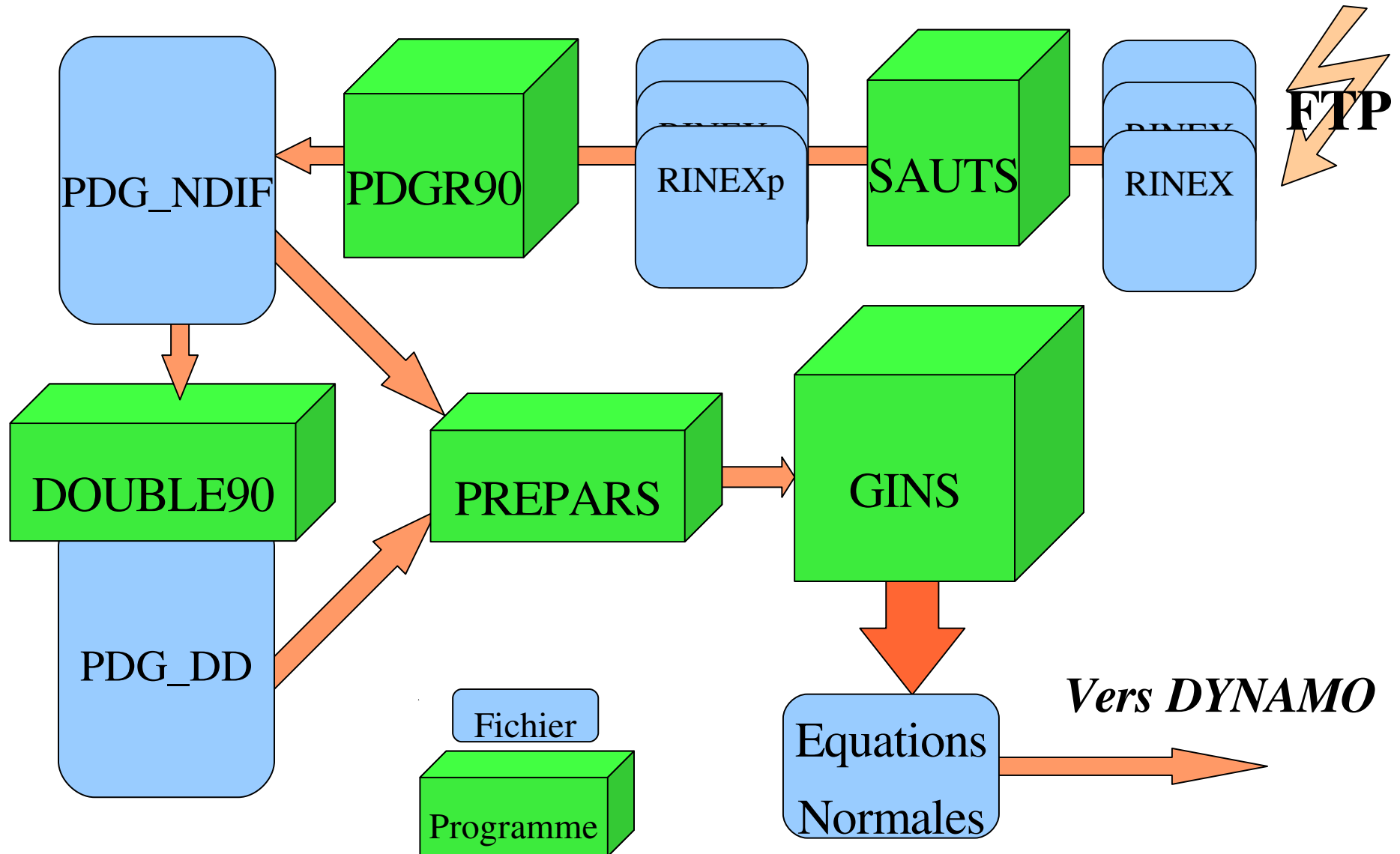
stations : **fichier de stations**

- marqueurs
- **eccentricités**
- antennes

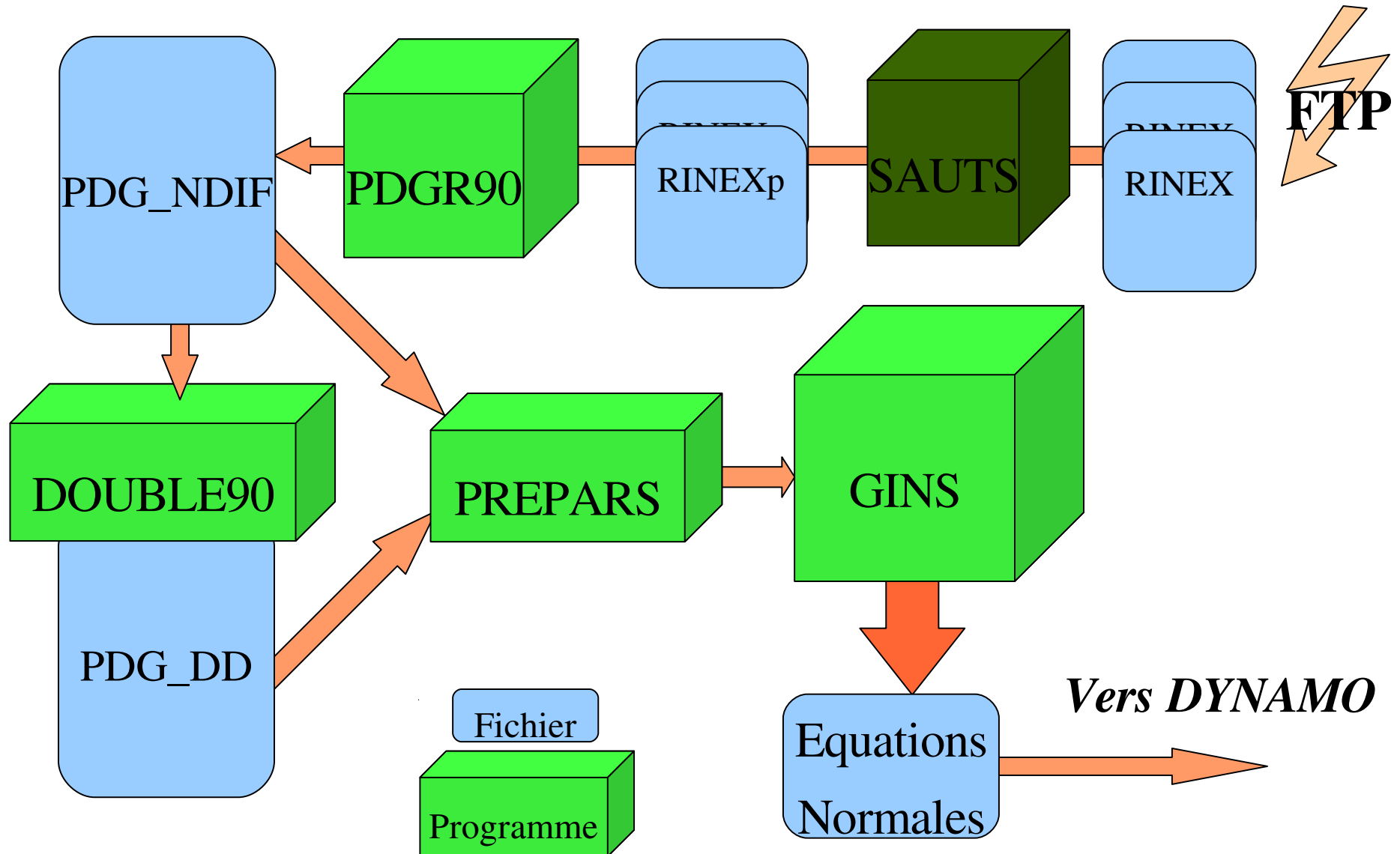
( 151 type d'antennes  
différentes répertoriées  
à l'IGS...)



# Organigramme général du traitement des données GPS



# Organigramme général du traitement des données GPS



# Détection des sauts de cycles

## Caractéristiques principales du programme de détection des sauts:

Formulation par différences finies (ordre 4)\*

=> élimine sur seuil les données et découpe les passages

=> passages courts éliminés (<10 mesures)

**Entrée :** Rinex

**Sortie :** Rinex modifiés contenant une estimation de  $N_1$  et de  $N_w$  pour chaque passage.

\*Réglages possibles mais en pratique on tourne avec des valeurs par défaut

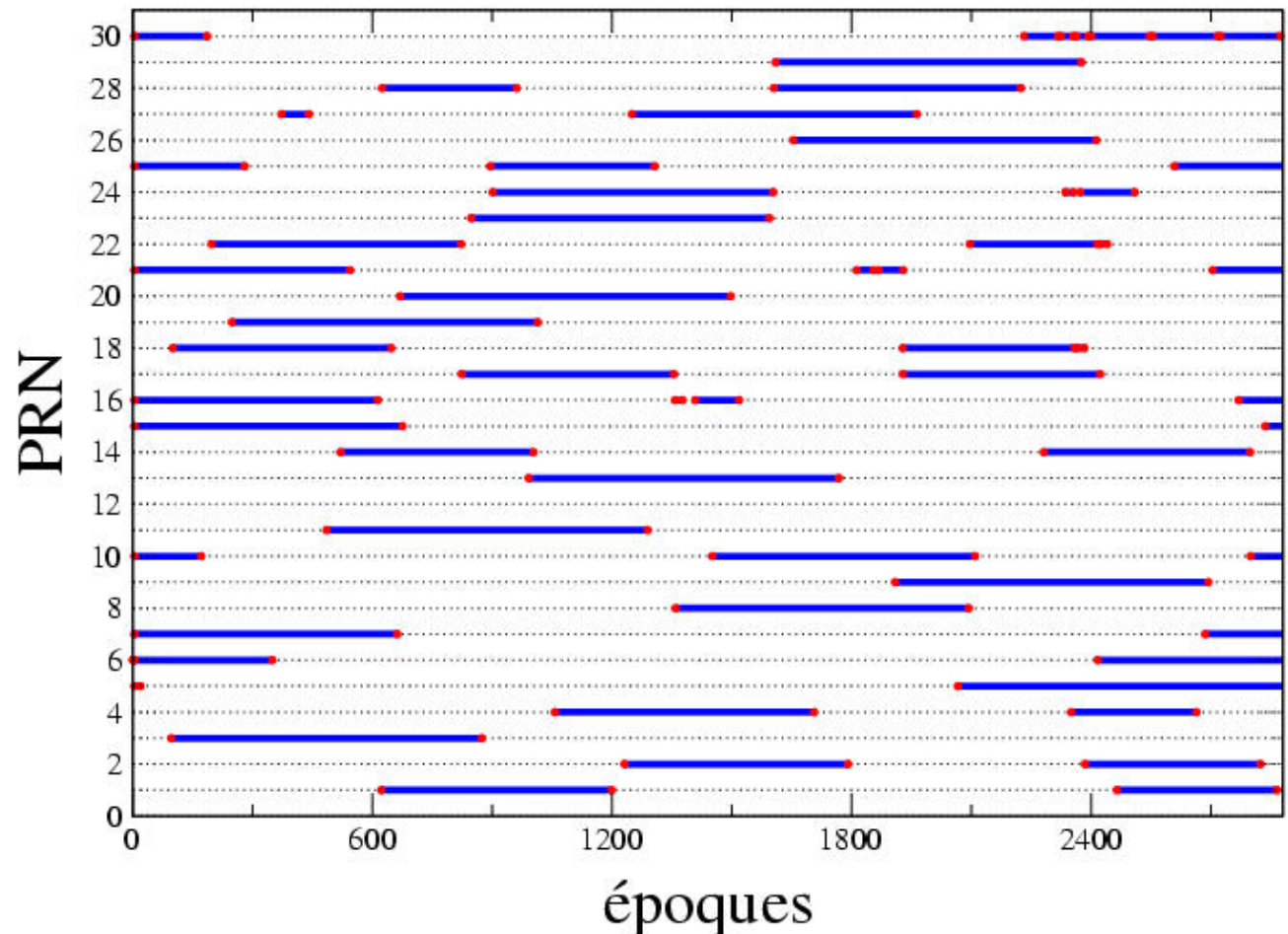
**Spécificité :** Traitement par fichiers de **1 ou 3 jours** consécutifs ...

# Détection des sauts de cycles

Etape permettant de découper les données en passages d'ambiguïtés de phase constantes: 1 SEUL JOUR de données crée des passages artificiels!

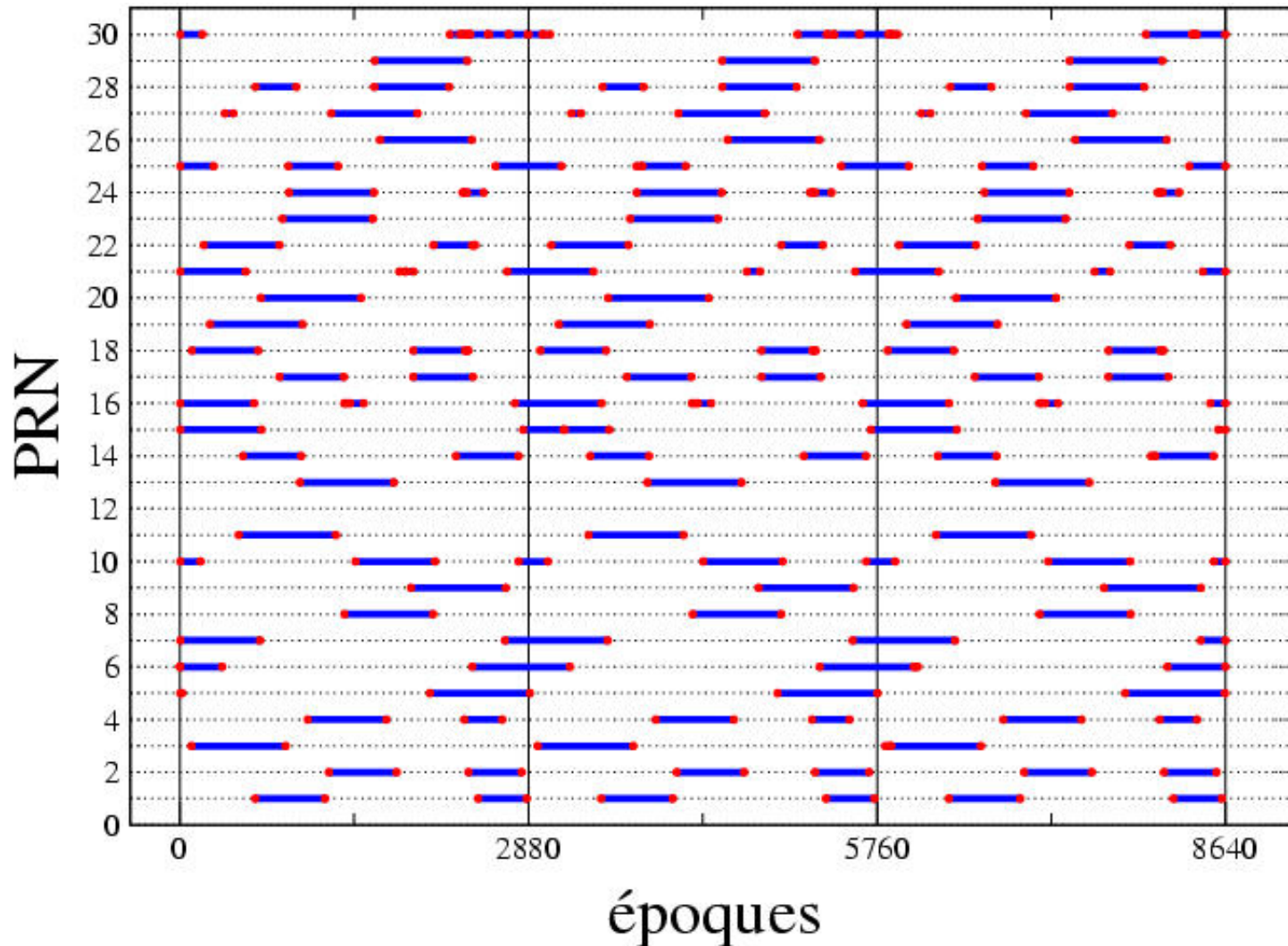
Passages : ● — ●

**Environ 30 %  
des passages  
sont “coupés”**

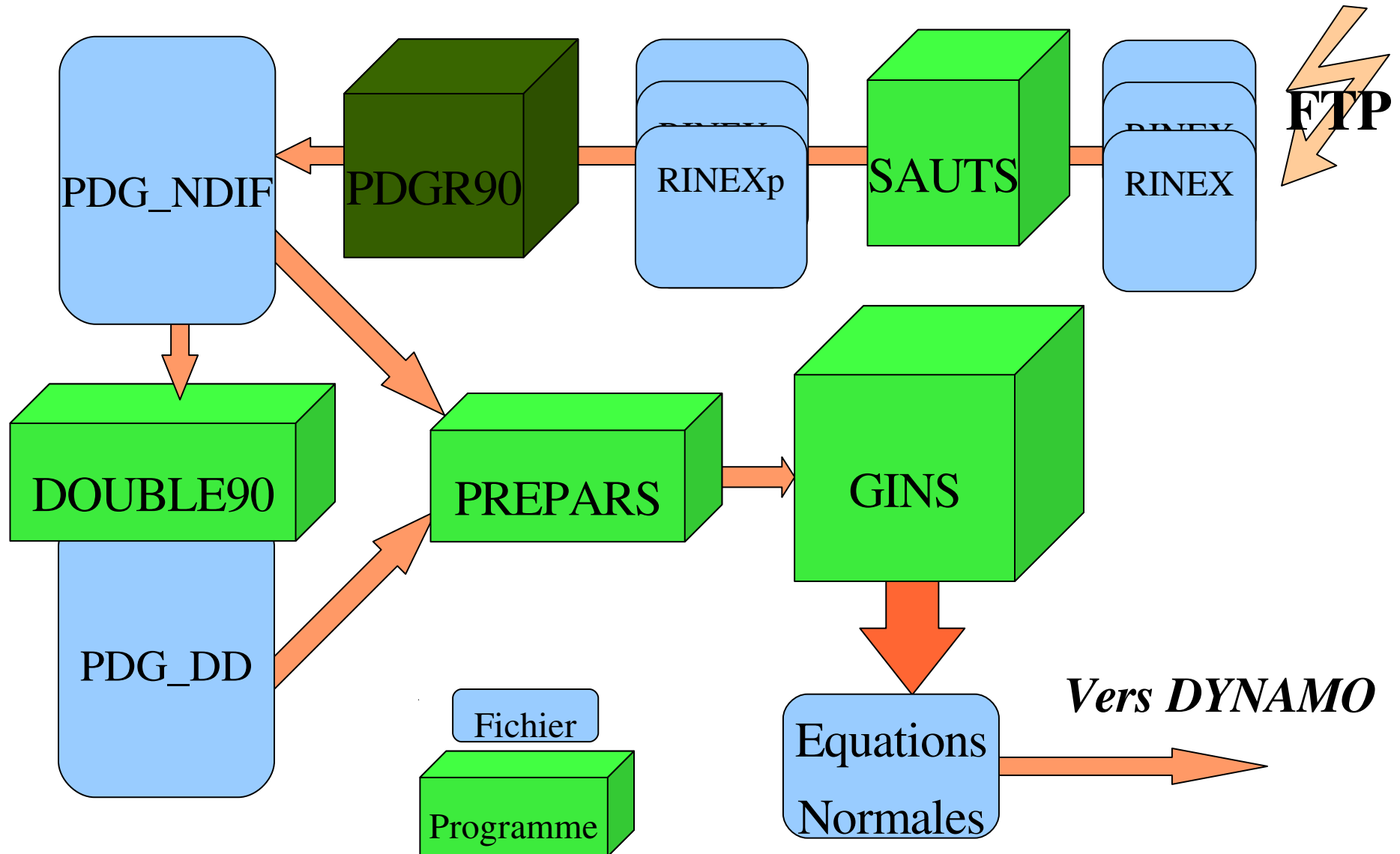


# Détection des sauts de cycles

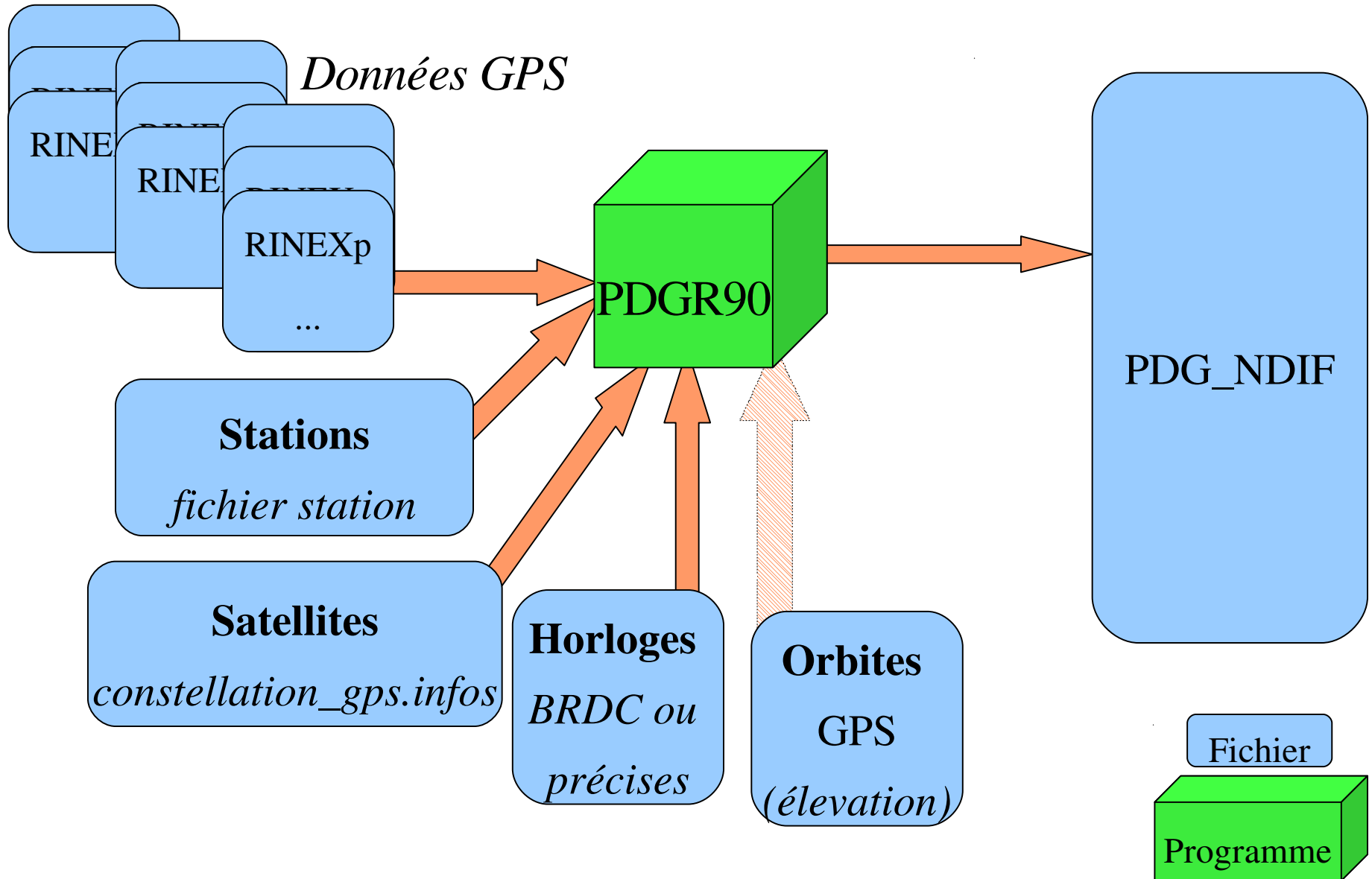
Le traitement de 3 JOURS consécutifs résout le problème...



# Organigramme général du traitement des données GPS



# PDGR90



# PDGR90\*

- mise au format pour PREPARS et DOUBLE90
- suppression des données incomplètes :
  - absence d'un des observables : P1 P2 L1 L2 N1 Nw
- lien des données avec le fichier **station**
- lien des données avec le fichier **constellation\_gps.infos**
- lien avec **horloges hautes (datation ET correction)**
- sélection du pas des données
- éventuellement sélection en fonction de l'élévation des données

\* Prétraitement des Données Gps (Réduit)



# DOUBLE90

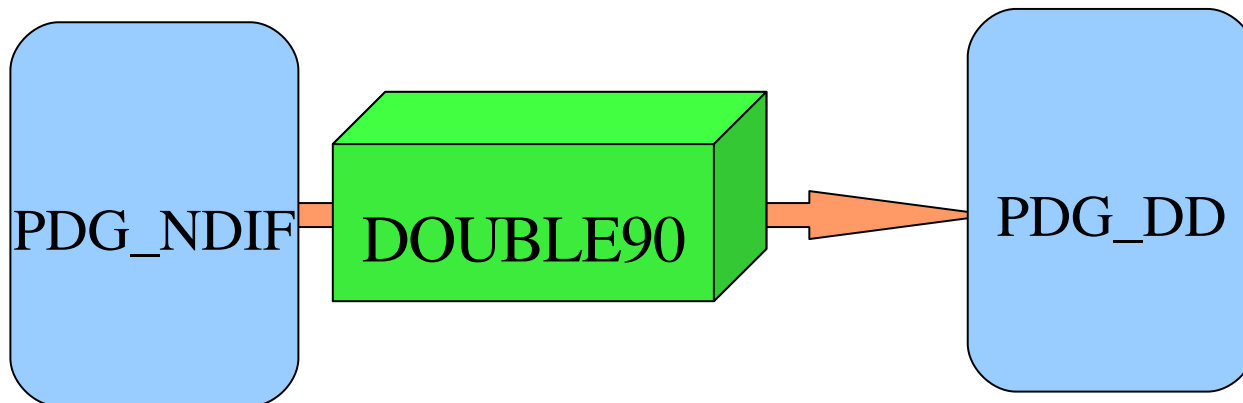
## Programme de formation des doubles différences

**Entrée :** un fichier de sortie de PDGR90 contenant

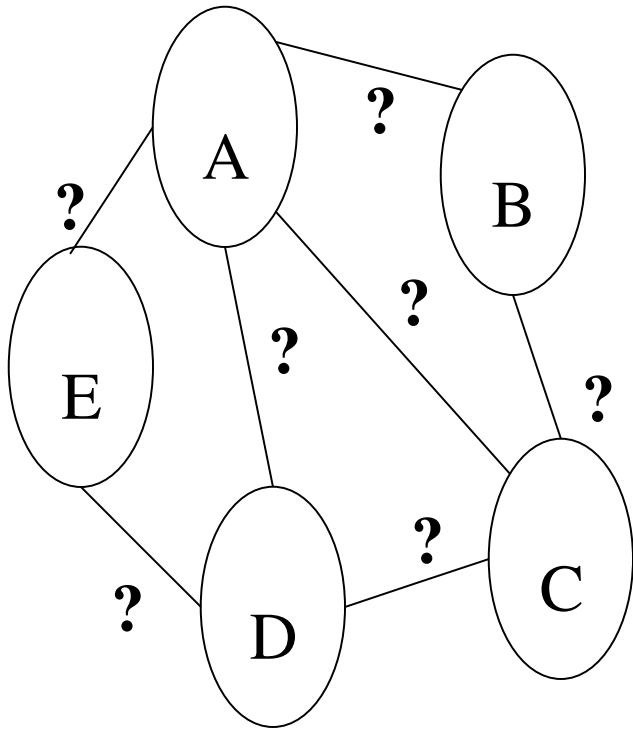
l'ensemble des stations sur lesquelles on veut former les DDIF

**Sortie :** un fichier contenant les doubles différences formées

(acceptable par PREPARS et GINS)



# Double90 (algorithme) 1.



Rappel sur les contraintes (incompatibles!):

- formation de longs passages
- mesures indépendantes
- utiliser le plus de mesures NDIF possibles
- temps de calcul raisonnable

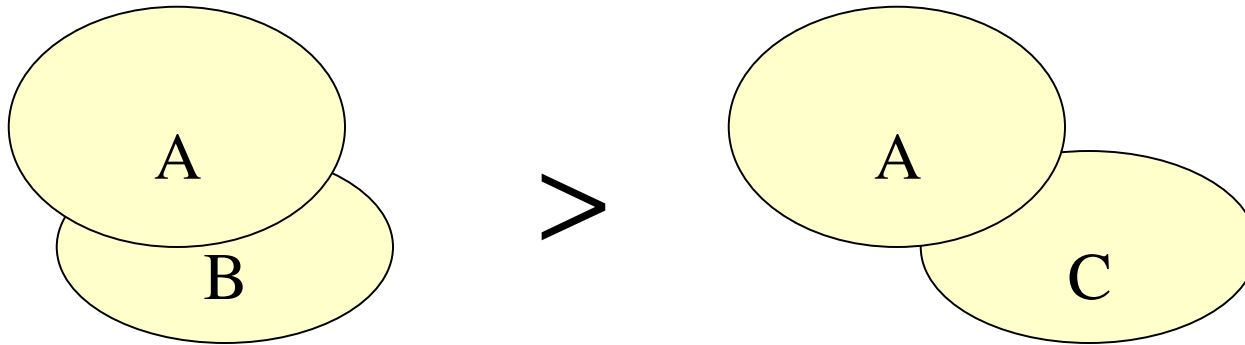
==> Quelles bases choisir parmi le grand nombre de possibilités ?

**Liens avec la théorie des graphes....**

# Double90 (algorithme) 2.

PRINCIPE ADOPTE pour la formation de longs passages :

bases avec le + de mesures en commun formées en premier



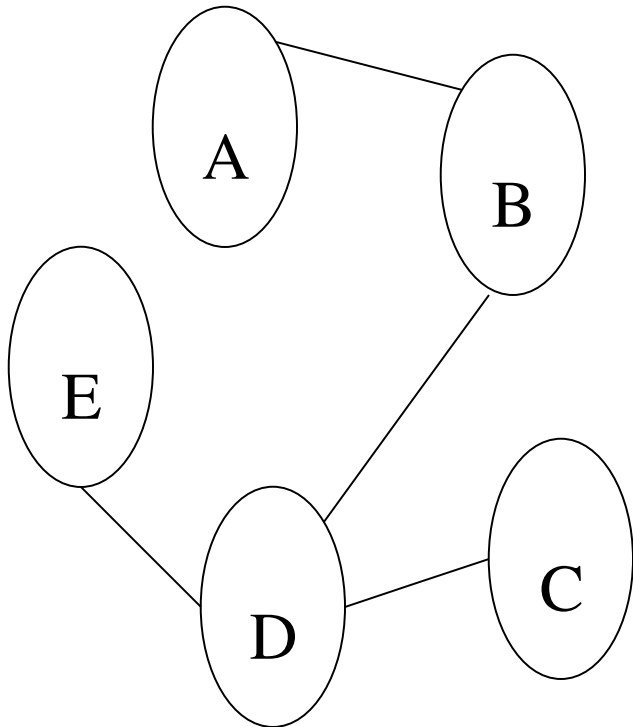
Nombre de mesure en commun =

$\sum$  (nb satellites observés par les deux stations à la même date)

# Double90 (algorithme) 3.

## PRINCIPES ADOPTES :

- mesures indépendantes : Si A-B et B-C on ne forme pas A-C !



Tri des bases en fonction du nombre de mesures en commun :

1. **A-B** -> *conservée*
2. **B-D** -> *conservée*
3. **A-D** -> *NON* car 1. et 2.
4. **D-C** -> *conservée*
5. **B-C** -> *NON* car 2. et 4.
6. **D-E** -> *conservée*
7. **A-E** -> *NON ...etc*

# Double (algorithme) 4.

## PRINCIPES ADOPTES :

- utiliser le + de mesures NDIF possibles : vérification à postériori

taux obtenus en pratique : 8% - 10 % des mesures NDIF

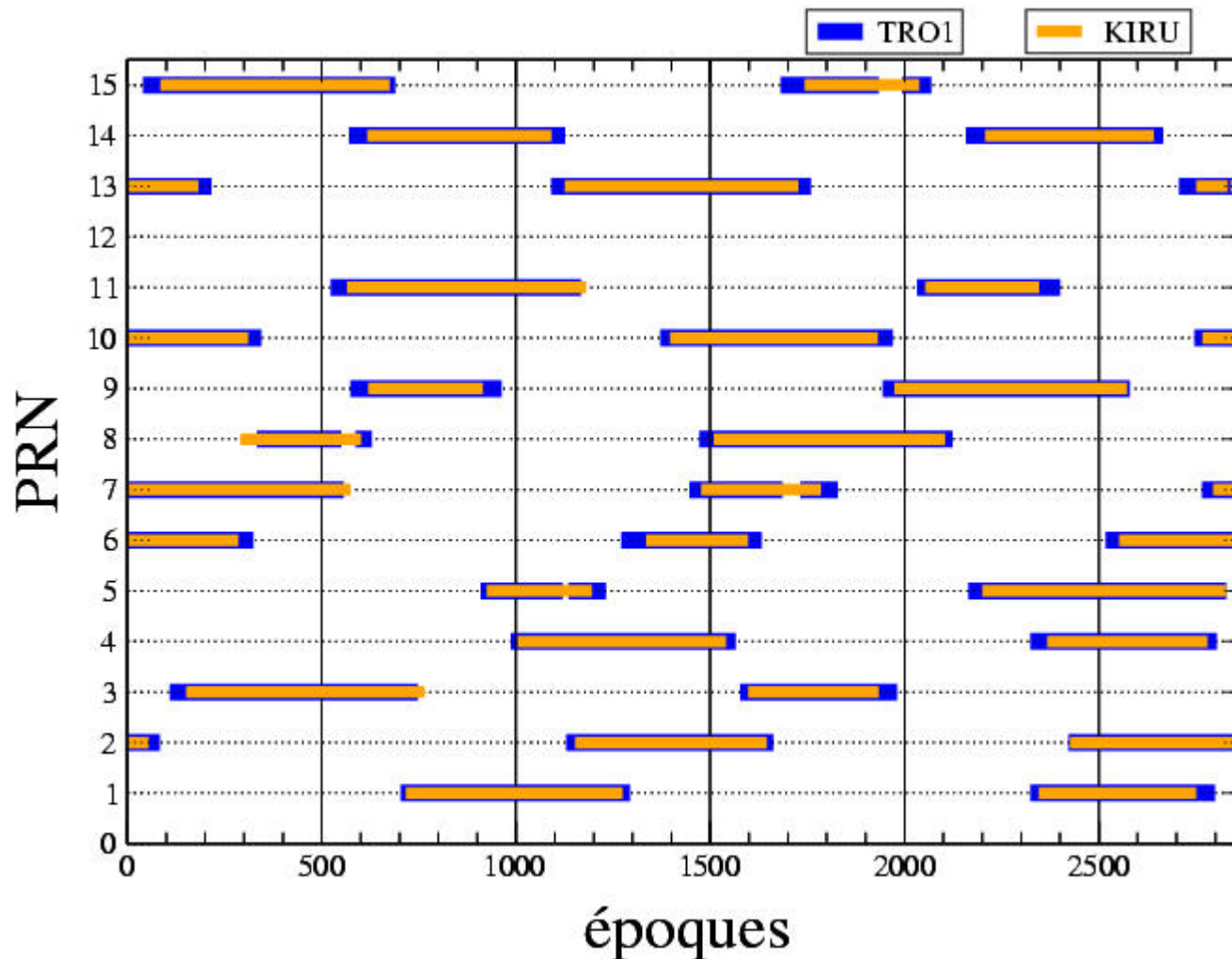
ne sont par incluses dans une double différence.

- temps de calcul raisonnable : vérification à postériori

(il n'y a pas d'essais systématiques de toutes les possibilités!! )

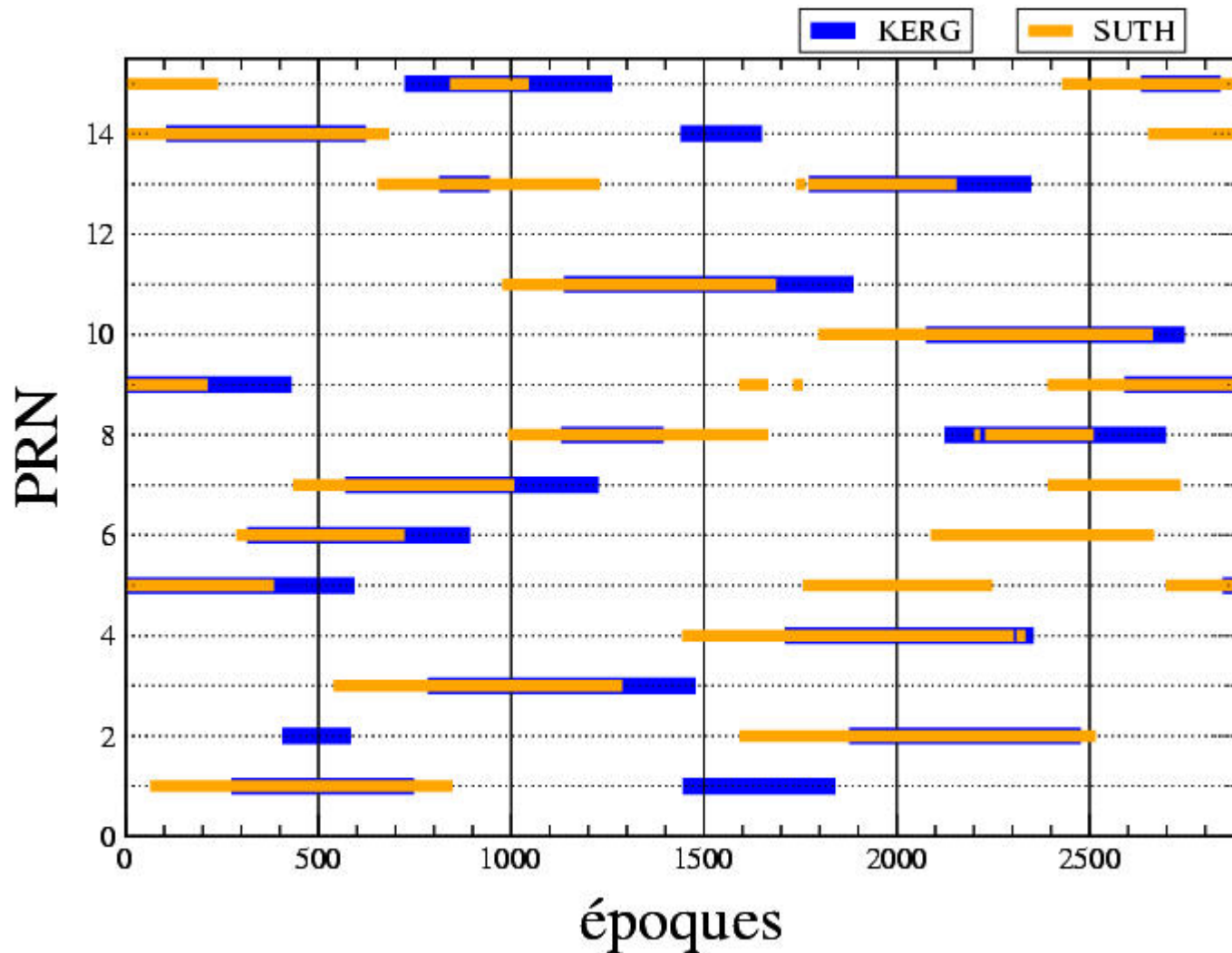
Le “comptage” des observables en commun se fait sur des tableaux logiques.

# Double90 : exemples illustrés



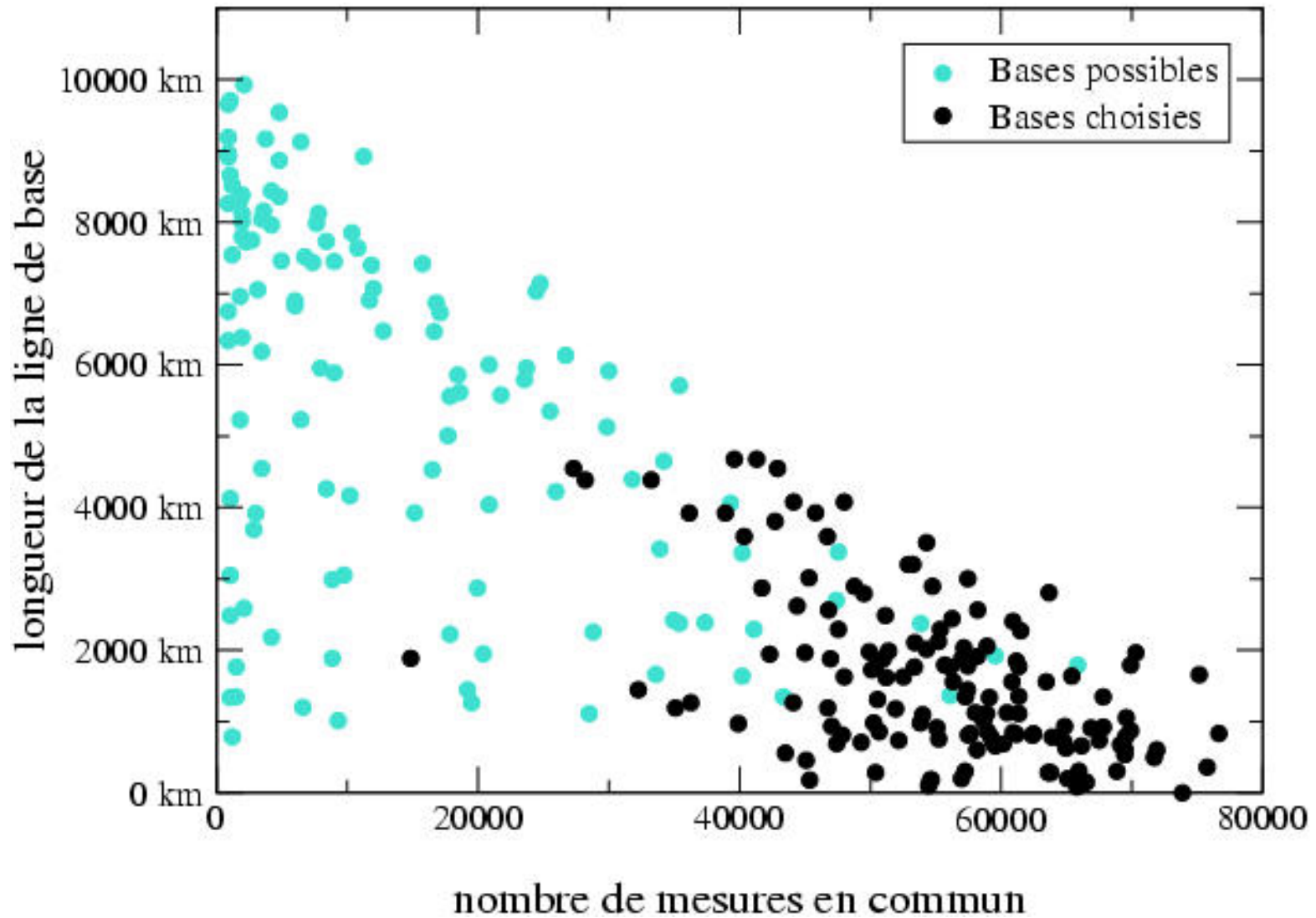
Une des premières lignes de base formées : (217 km)

# Double90 : exemples illustrés



Une des dernières lignes de base formées : (4386 km)

# Double90





# PREPARS

Directeur (td à tf)

## I. Fichiers d'environnement:

- Pôle
- Marées
- Loading
- Stations
- Antennes
- Orbites hautes

## II. Mesures :

- Non différenciées
- Double différences

PREPARS

FIC  
Toutes les  
données  
utiles  
à l'arc

**Rôle :** Recopie des données utiles

**Sortie :** *1 seul fichier FIC organisé  
en blocs successifs.*

Fichier

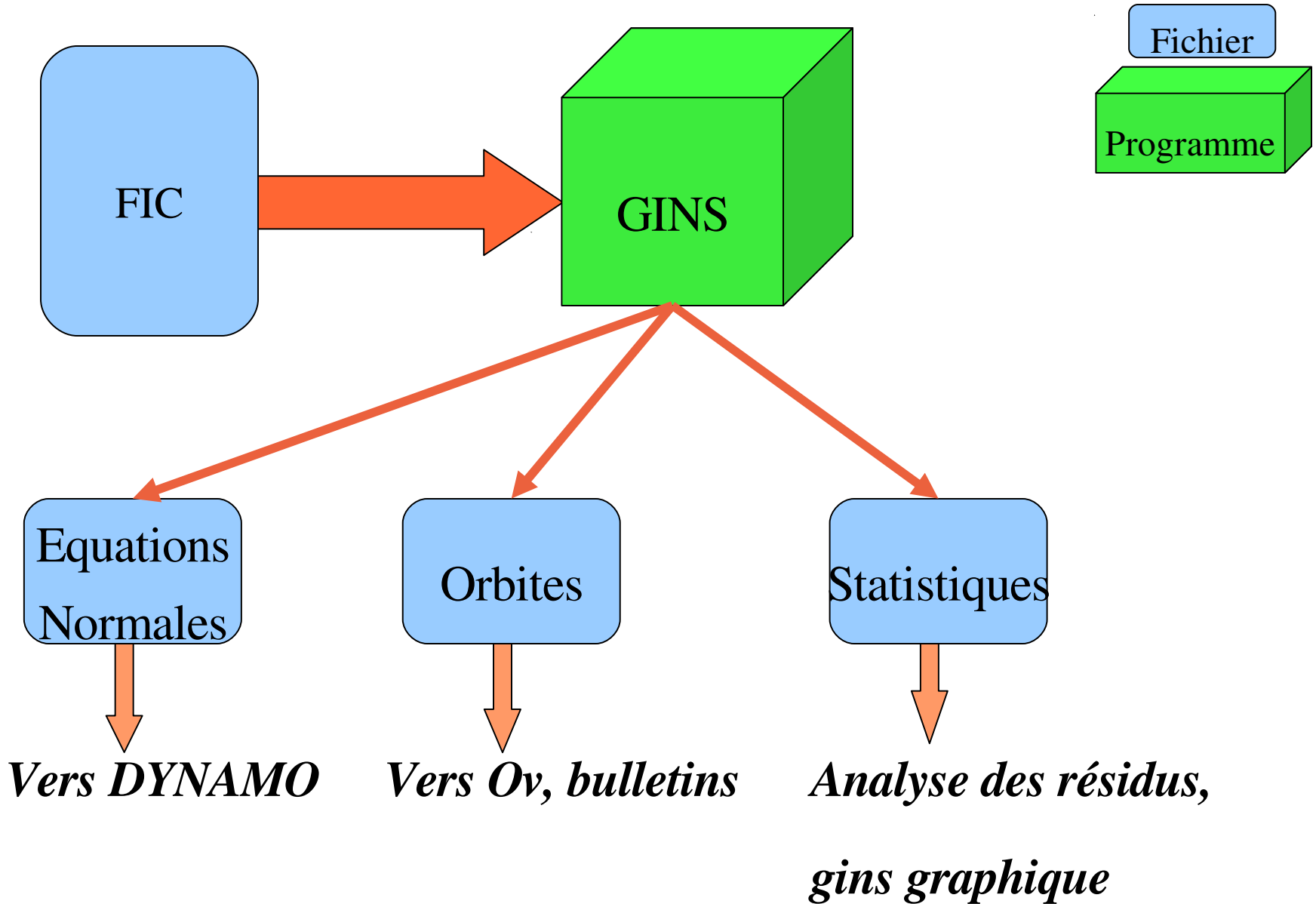
Programme

# Un mot sur le directeur...

Le directeur permet en outre de spécifier :

- le pas des mesures
- la pondération a priori
- le type de modèle de troposphère et le nombre de biais ajustés
- la fixation ou non des ambiguïtés entières
- la prise en compte des corrélations de mesure DDIF
- le mode de calcul des corrections d'antenne
- les critères d'élimination des données

# GINs



# Rôles de GINS

- Calcul des quantités théoriques précises et des résidus des mesures
- Calcul des dérivées partielles des paramètres libérés
- Elimination des données
- Ajustement “partiel” des paramètres
- Génération d'équations normales “propres” :  $\mathbf{N X} = \mathbf{D}$  (n x n )

=> Au total,

**GINS est un outil qui transforme un problème non linéaire...**

**... en un problème linéarisé !**

# Rôles de GINS

## Mais aussi :

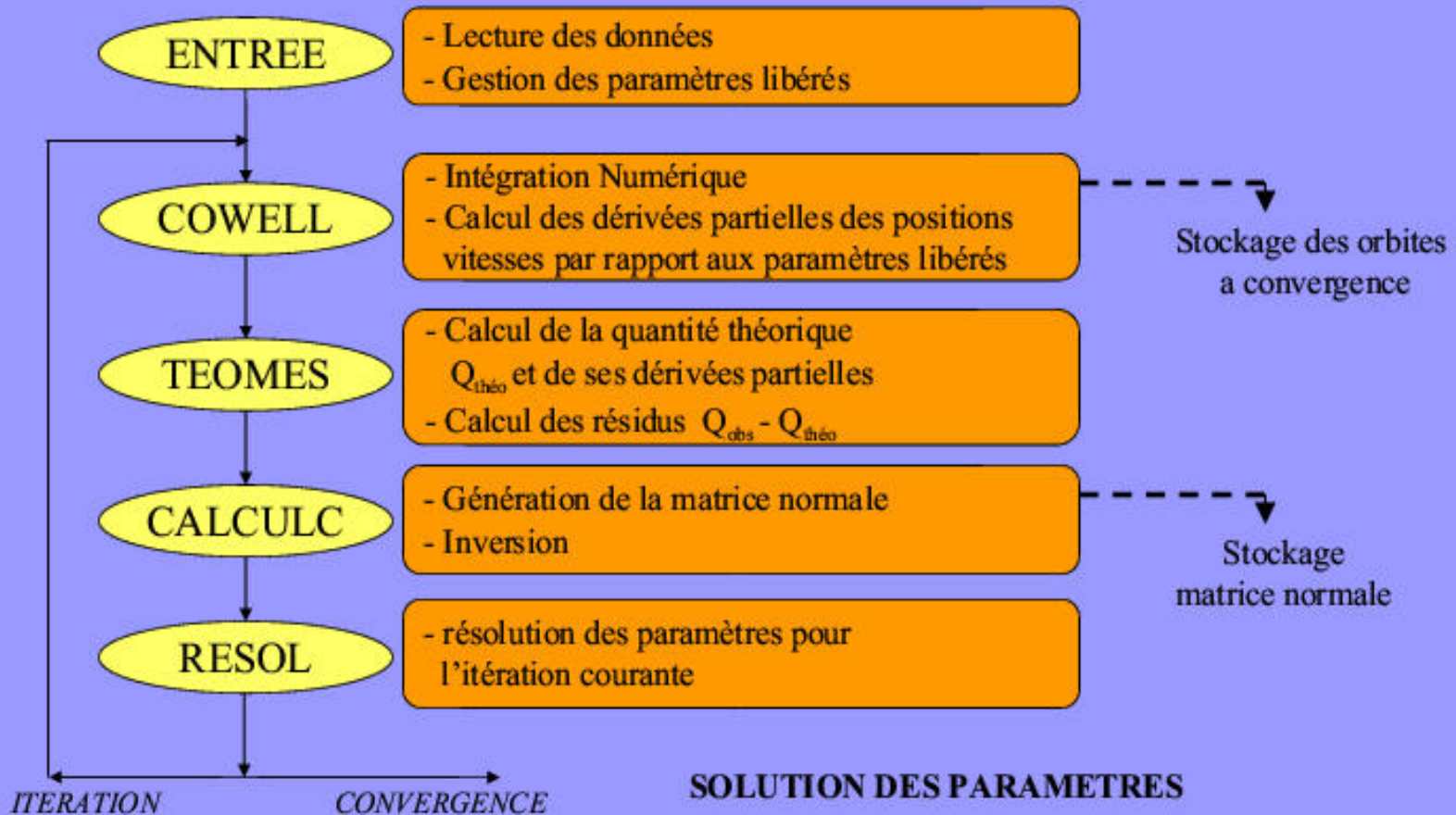
- Calcul de statistiques (par satellites/stations/type de mesures),
- Simulation de mesures,
- Tabulation/Prédiction d'orbites,
- Sorties statistiques détaillées (pour graphiques et études)...

## Méthodes numériques spécifiques adaptées au volume

### des données GPS :

- NDIF : Paramètres d'horloges et méthode locale
- DDIF : Calcul des corrélations de mesures

# LE LOGICIEL GINS: Organigramme



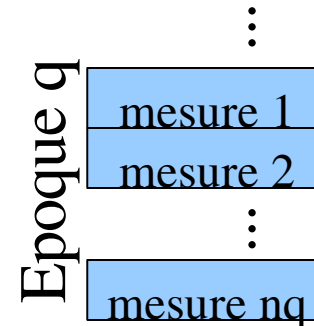
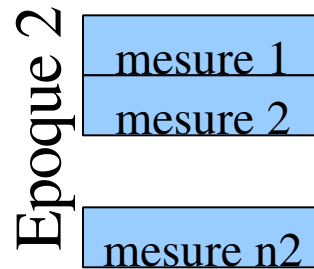
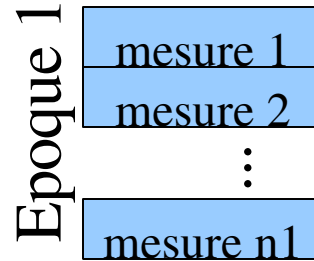
# Organisation de GINS : itération

Les mesures sont triées par date, et séparées en blocs ou époques.

## Fin des blocs :

- Réduction des paramètres d'horloge OU corrélation des doubles différences.

- contribution à la matrice normale (cf. plus loin)



$$Q_{theo}$$
$$\partial Q_{theo} / \partial P_i$$
$$Q_{mes} - Q_{theo}$$

- Elimination éventuelle

## Fin des mesures :

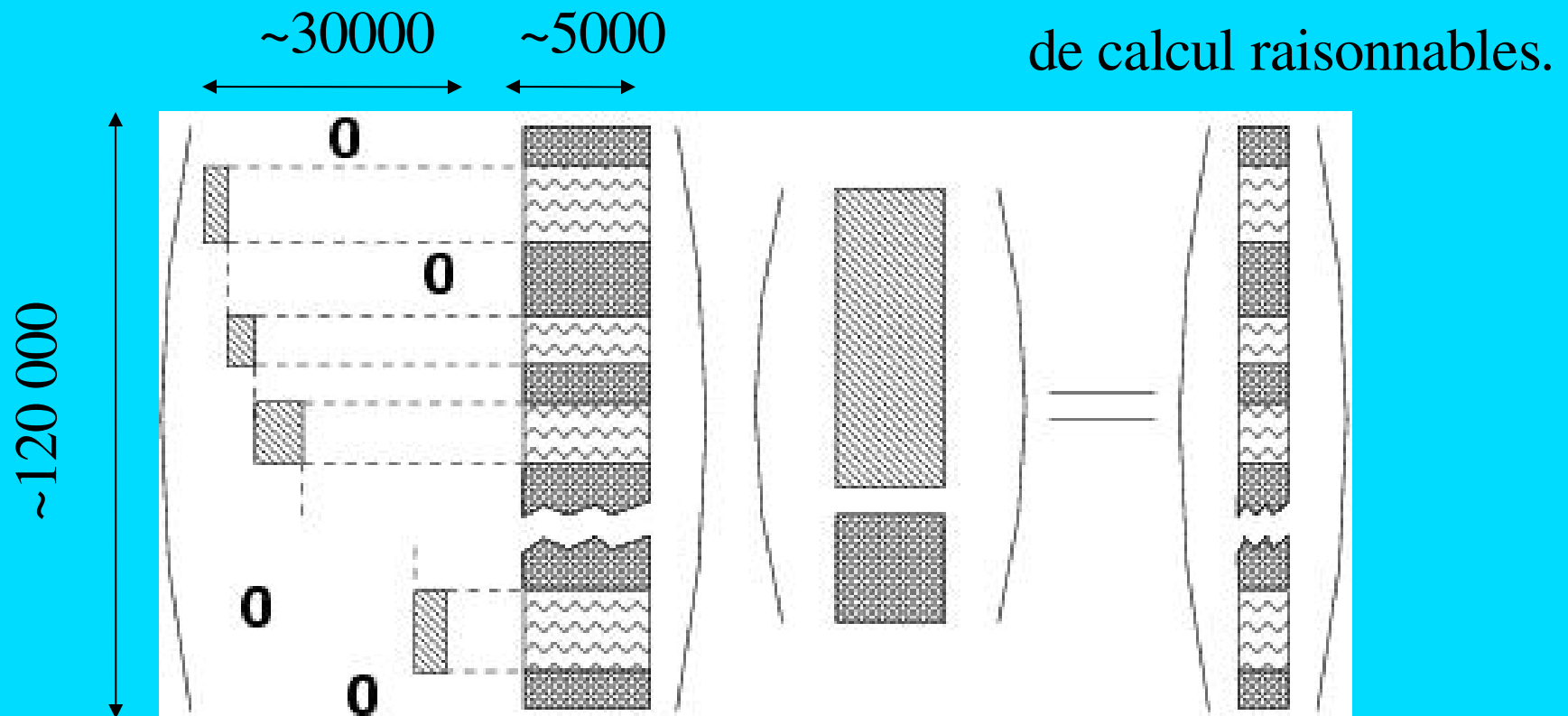
- Calcul et affichage statistique

- Inversion et résolution du système

- Poursuite des itérations OU convergence (itération supplémentaire).

# GINs NDIF: inversion par bloc des horloges

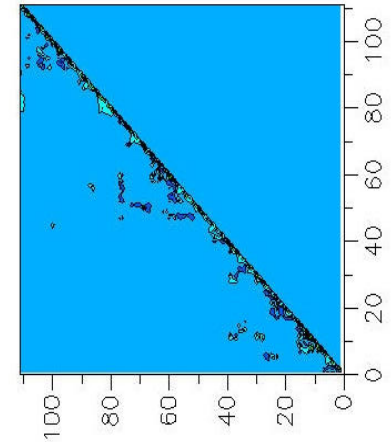
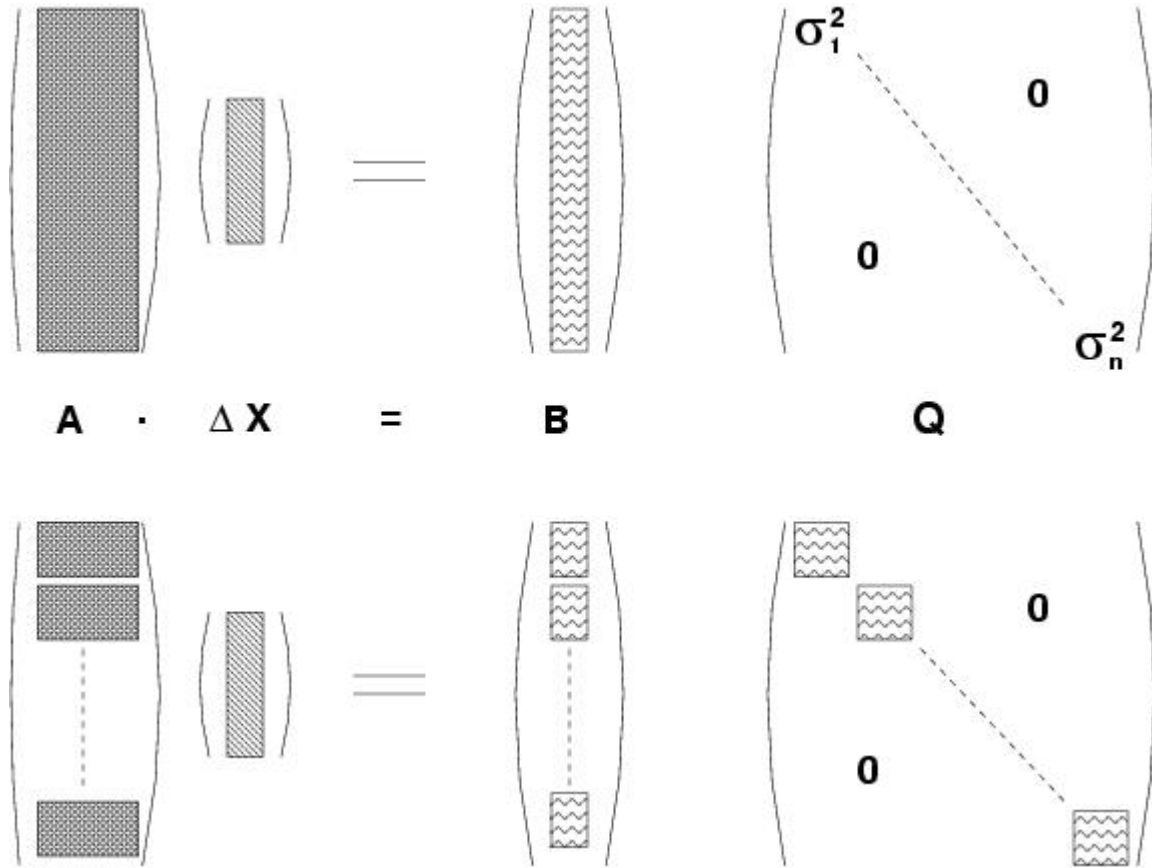
Les paramètres d'horloge dominant, **mais** ne concernent qu'une seule époque de mesure => Calcul par bloc des EQNAs pour des temps



*Chiffres typiques pour les réseaux globaux*



# Doubles différences (corrélation des mesures)



$\implies$  La matrice des erreurs n'est plus diagonale : calcul par blocs des matrices de poids.

# Ambiguïtés entières

- Les ambiguïtés iono-free double différence sont fixées une fois pour toute après l'itération choisie par l'utilisateur (en principe après avoir obtenu de bons résidus de mesure).
- Les inconnues sont conservées à la fin de l'équation sous forme de lignes nulles qui seront éliminées par DYNAMO.

# OUTILS DYNAMO

But : Manipuler / Contraindre / Résoudre  
les Equations Normales (EQNA) du type  $N \times = S$

Quelques éléments de la chaîne **DYNAMO** :

**exe\_dynamo\_b** : Réduction d'une ou plusieurs équations normales  
(actions possibles : EXT/ELI/RED)

**exe\_dynamo\_c** : Cumul d'équations normales

**exe\_dynamo\_d** : Résolution d'une ou plusieurs équations normales  
(actions possibles : FIX/RES)

**exe\_dynamo\_p** : Permutation d'une équation normale

**exe\_verif** : Vérification d'une équation normale

**exe\_genere\_equation** : Génère une équation normale à partir  
d'un fichier de type "Contraintes"

## Exemples de contraintes lors de l'inversion :

Stabilisation de l'inversion des paramètres à résoudre :

$$1 \times \text{Paramètre} = 0 \pm \sigma$$

Assurer la continuité d'une série temporelle :

$$1 \times \text{Paramètre}(t) - 1 \times \text{Paramètre}(t - \Delta t) = 0 \pm \sigma$$

Appliquer des contraintes minimales sur un jeu de coordonnées:

*Contraindre le facteur d'échelle, les 3 translations et les 3 rotations  
entre les coordonnées d'un réseau de stations*

Et toute équation linéaire entre paramètres jugée utile ....

*Fin...*

