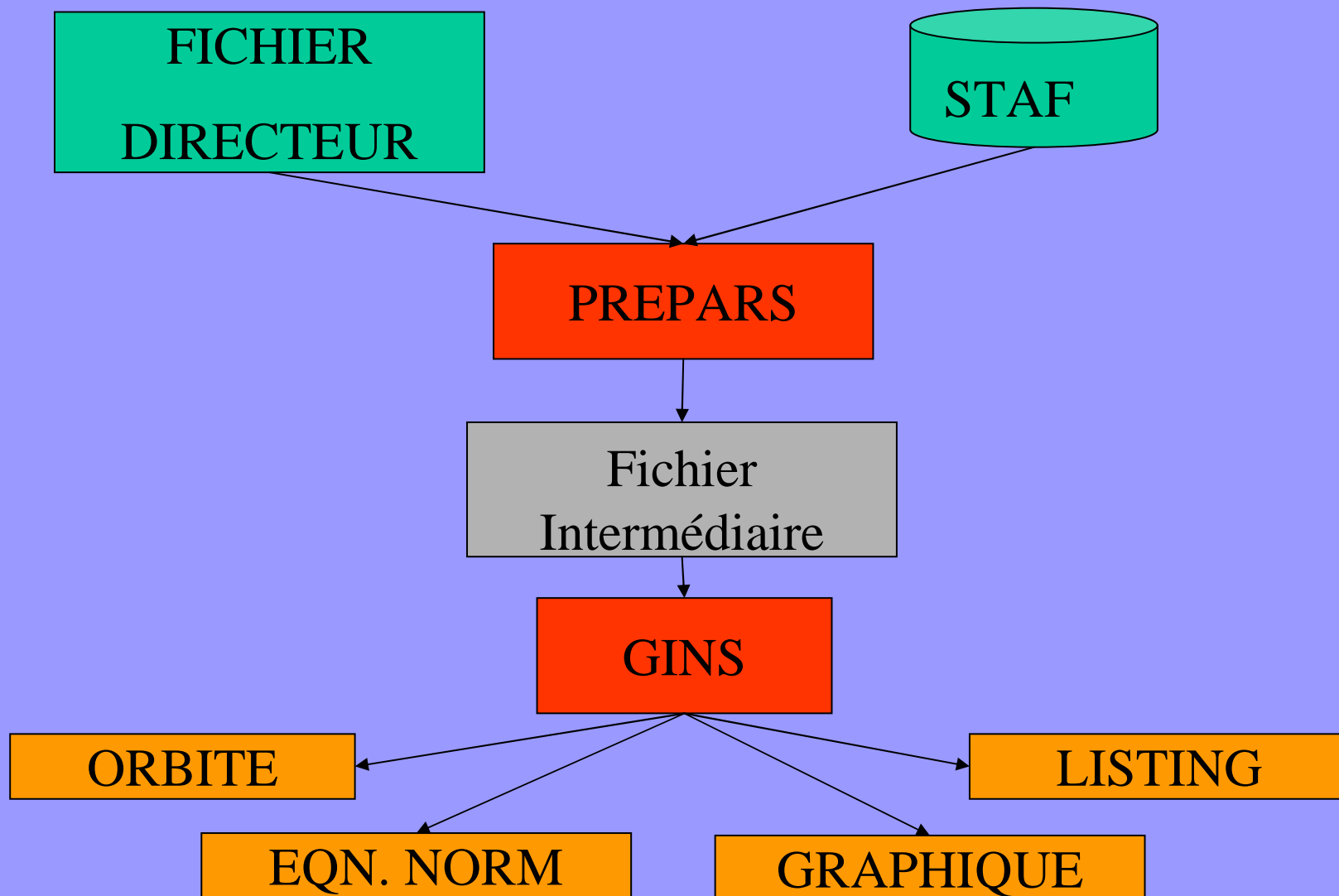


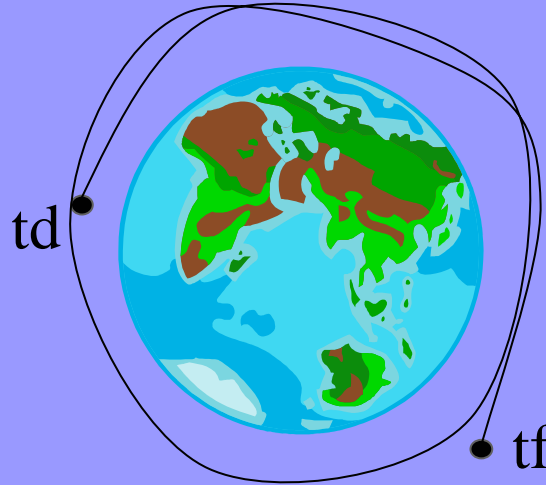
# LE LOGICIEL GINS: fonctionnalités

- **Calcul d'orbite autour d'un corps du système solaire**
- **Détermination de paramètres géophysiques:**
  - coefficients du champ de gravité
  - coefficients des modèles de marée océanique
  - surface moyenne océanique
  - coefficients du modèle d'atmosphère (température, densité des différents gaz)
  - coordonnées du pôle et TU1
  - position et vitesse des stations (géocentre)
  - ...
- **Simulation de la restitution d'orbite d'un satellite**

# LE LOGICIEL GINS: Organigramme général



# LE LOGICIEL GINS: Extrapolation d'orbite (1)



Calcul d'une éphéméride entre  $t_d$  et  $t_f$  à partir:

- du vecteur d'état à  $t_d$ :  $r_0, \dot{r}_0$  ou  $a_0, e_0, i_0, \Omega_0, \omega_0, M_0$
- Des forces agissant sur le satellite

On doit donc intégrer l'équation fondamentale de la dynamique:

$$\Sigma F = m \frac{d^2 r}{dt^2}$$

# LE LOGICIEL GINS: Extrapolation d'orbite (2)

## Les forces prises en compte dans le calcul d'orbite:

Ces forces sont décrites en détail dans le « descriptif des forces »

- **Forces gravitationnelles:**

- attraction gravitationnelle de la Terre
- attraction gravitationnelle du Soleil, de la Lune et des planètes
- marées solides
- marées océaniques
- pression atmosphérique

# LE LOGICIEL GINS: Extrapolation d'orbite (3)

## •Forces non gravitationnelles:

Pour ces forces le satellite peut être considéré comme sphérique ou décomposé en macromodèle

- frottement atmosphérique
- pression solaire directe
- albedo, Infra-Rouge
- diffusion thermique



# Un directeur GINS pour l'extrapolation d'orbite (2)

Archivage des éphémérides:  
0: non  
1: oui

Date du bulletin  
(si bulletins en fichier)

1	0	0	0	0	0	nomeqn	archivage
17440	0.000000						
17440	0.000000	17445	0.000000				
17443	0.000000	17445	0.000000	0	0.000000	0	0.000000

Durée de l'arc

Dates d'interpolation ou extrapolation  
de bulletins

Date de début  
et fin d'arc

# Un directeur GINS pour l'extrapolation d'orbite (3)

xyz: position, vitesse  
 rad: éléments képlériens (angles en radians)  
 deg: éléments képlériens (angles en degrés)  
 wpm: éléments képlériens modifiés

Systeme de référence:  
 tod: instantané  
 ine: inertiel

Date du bulletin

tai  
 tuc  
 te

Date du système de référence:  
 0: J2000  
 50: 1950.0

Numéro et nom du satellite

7501001	starlett	xyz	tai	17440	0.000000	tod	0
1	0.4617268390056431E+07						
1	-0.3539063406282768E+07						
1	0.4420020724641919E+07						
1	0.5637054848629894E+04						
1	0.3233082621899070E+04						
1	-0.3539909148709688E+04						

bulletin

Valeurs des coordonnées (S.I)





# Attraction gravitationnelle de la Terre (1)

$$F = \overline{\text{grad}}U$$

$$U = \frac{GM}{r} \sum_{l=0}^L \sum_{m=0}^l \left( \frac{a_e}{r} \right)^l \bar{P}_{lm}(\sin\varphi) (\bar{C}_{lm} \cos m\lambda + \bar{S}_{lm} \sin m\lambda)$$

constantes : GM : issu du modèle de potentiel

$a_e$  : demi-grand-axe terrestre issu du modèle de potentiel

variables :  $(r, \varphi, \lambda)$  : coordonnées polaires du satellite

$(\bar{C}_{lm}, \bar{S}_{lm})$  : coefficients de Stokes normalisés issu du modèle de potentiel.

$\bar{P}_{lm}(\sin\varphi)$  : les fonctions de Legendre

# Attraction gravitationnelle de la Terre (2)

1: lecture

Nom du fichier

Mot clé

1	potentiel/grim5_c	potentiel
1	.biancale.gin.data.marees.grim5_s1_spot_iugg	marees
1	presatm/default	press.
1	flux/acsol2	flux
1	atmosphere/dtm_94bis	atmosphere
1	albedo/moymens4.5.90_91	albedo
1	pole/eop97c04	pole
1	lunisolaires/ephem1960a2020_grim5	planetes

Fichiers  
d'environnement

Degré maximum

120	2	1	2	5	2	2	4	1	1	
0	0	0	0							gv,ls,fc,ft,ps,mt,mo,rl
0	0	.10000e+01	.00000e+00	.00000e+00	.00000e-00					cdg dop,gps,alti,laser
0		.10000e+01	.00000e+00							frottement
0	0	.10000e+01	.00000e+00	.00000e+00	.00000e-00					portance
0	0	.10000e+01	.00000e+00	.00000e+00	.00000e-00					radiation,ssurm
0		.10000e+01	.00000e+00	.10000e+01						albedo,consol,cospec
0		.10000e+01	.00000e+00	.10000e+01						thermique,consol,cospec

Modèle de forces

# Attraction gravitationnelle des autres corps (1)

$$\bar{\mathbf{A}} = -Gm_p \left( \frac{\bar{\mathbf{r}} - \bar{\mathbf{r}}_p}{|\bar{\mathbf{r}} - \bar{\mathbf{r}}_p|^3} + \frac{\bar{\mathbf{r}}_p}{r_p^3} \right)$$

constantes :  $Gm_p$ : GM du corps

variables :  $\bar{\mathbf{r}}$  : vecteur géocentrique satellite

$\bar{\mathbf{r}}_p$  : vecteur géocentrique du corps

# Attraction gravitationnelle des autres corps (2)

1: lecture

Nom du fichier

Mot clé

1	potentiel/grim5_c	potentiel
1	.biancale.gin.data.marees.grim5_s1_spot_iugg	marees
1	presatm/default	press.
1	flux/acsol2	flux
1	atmosphere/dtm_94bis	atmosphere
1	albedo/moymens4.5.90_91	albedo
1	pole/eop97c04	pole
<b>1</b>	<b>lunisolaires/ephem1960a2020_grim5</b>	<b>planètes</b>

Fichiers  
d'environnement

0 : pas de calcul	-2 : Terre et Soleil en planétaire
1 : Lune + Soleil	-n : Terre et Soleil et n-2 planètes
2 : Lune + Soleil + planètes	
3 : L,S,P + potentiel lunaire (4,4)	

120	<b>2</b>	1	2	5	2	2	4	1	1	gv,ls,fc,ft,ps,mt,mo,rl
0	0	0	0							cdg dop,gps,alti,laser
0	0	.10000e+01	.00000e+00	.00000e+00	.00000e-00					frottement
0	0	.10000e+01	.00000e+00							portance
0	0	.10000e+01	.00000e+00	.00000e+00	.00000e-00					radiation,ssurm
0	0	.10000e+01	.00000e+00	.10000e+01						albedo,consol,cospec
0	0	.10000e+01	.00000e+00	.10000e+01						thermique,consol,cospec

Modèle de forces

# Les Marées solides

L'accélération de marée terrestre dérive du potentiel de déformation de la Terre, de degrés 2 et 3, sous l'action gravitationnelle de la Lune et du Soleil

$$\bar{A} = \overline{\text{grad}U}$$

Le potentiel de déformation est composé de 4 termes :

$$\begin{aligned} U = & U_k : \text{potentiel de marée terrestre} \\ & + \Delta U_{\delta k} : \text{correction fréquentielle des nombres de Love} \\ & + \Delta U_{\text{ell}} : \text{correction d'ellipticité} \\ & + \Delta U_{\text{pôle}} : \text{correction de marée polaire} \end{aligned}$$

# Les marées solides (2)

- 0 : pas de calcul
- 1 : calcul avec ancien modèle
- 2 : calcul avec modèle standards IERS96

120	2	1	2	5	2	4	1	1	gv,ls,fc,ft,ps,mt,mo,rl
0	0	0	0						cdg dop,gps,alti,laser
0	0	.10000e+01	.00000e+00	.00000e+00	.00000e-00				frottement
0	.10000e+01	.00000e+00							portance
0	0	.10000e+01	.00000e+00	.00000e+00	.00000e-00				radiation,ssurm
0	.10000e+01	.00000e+00	.10000e+01						albedo,consol,cospec
0	.10000e+01	.00000e+00	.10000e+01						thermique,consol,cospec

Modèle de forces

# Les Marées océaniques

L'accélération de marée océanique dérive du potentiel de simple couche

$$U = 4\pi G a_e \sum_n \sum_{+} \sum_l \frac{1+k'_1}{2l+1} \left(\frac{a_e}{r}\right)^{l+1} \sum_m q_{n,l,m}^{\pm}(\varphi, \lambda, t)$$

généralisé par la charge de marée :  $q = \rho_w h$

La hauteur de la marée océanique est décomposée en ondes progrades et rétrogrades en fonctions harmoniques sphériques :

$$h = \sum_n \sum_{+} \sum_l \sum_m \hat{C}_{n,lm}^{\pm} \sin(\theta_n(t) + \chi_n \pm m\lambda + \varepsilon_{n,lm}^{\pm}) P_{lm}(\sin\varphi)$$

constantes :  $a_e = 6378137$  m : demi-grand-axe terrestre

$k'_1$  : nombre de Love de charge (limité à  $l = 20$ )

$\rho_w = 1025$  kg/m<sup>3</sup> : densité moyenne de l'eau de mer

$\hat{C}_{n,lm}^{\pm}, \varepsilon_{n,lm}^{\pm}$  amplitude et phase du modèle harmonique sphérique de marée

$\chi$  : convention de phase de Doodson-Warburg

Variables :  $(r, \varphi, \lambda)$  : coordonnées polaire du satellite

$\theta_n$  : argument de l'onde de marée



# Les Marées océaniques (2)

1: lecture

Nom du fichier

Mot clé

1	potentiel/grim5_c	potentiel
1	.biancale.gin.data.marees.grim5_s1_spot_iugg_c	marees
1	presatm/default	press.
1	flux/acsol2	flux
1	atmosphere/dtm_94bis	atmosphere
1	albedo/moymens4.5.90_91	albedo
1	pole/eop97c04	pole
1	lunisolaires/ephem1960a2020_grim5	planetes

Fichiers  
d'environnement

0 : pas de calcul  
 1 : calcul sans admittance  
 2 : calcul avec admittance  
 -1/-2 : idem mais avec ancienne formulation

120	2	1	2	5	2	2	4	1	1	gv,ls,fc,ft,ps,mt,mo,rl
0	0	0	0							cdg dop,gps,alti,laser
0	0	.10000e+01	.00000e+00	.00000e+00	.00000e-00					frottement
0		.10000e+01	.00000e+00							portance
0	0	.10000e+01	.00000e+00	.00000e+00	.00000e-00					radiation,ssurm
0		.10000e+01	.00000e+00	.10000e+01						albedo,consol,cospec
0		.10000e+01	.00000e+00	.10000e+01						thermique,consol,cospec

Modèle de forces

# La Pression atmosphérique

Les variations de pression atmosphérique sont principalement l'effet de redistribution des masses atmosphériques. L'accélération gravitationnelle induite dérive du potentiel de simple couche :

$$\bar{U} = 4\pi G a_e \sum_l \frac{1 + k'_l}{(2l + 1)} \left(\frac{a_e}{r}\right)^{l+1} \sum_m q_{lm}(\varphi, \lambda, t)$$

généralisé par la charge de pression atmosphérique :  $q = \frac{\Delta P(\varphi, \lambda, t)}{g}$

$$\Delta P(\varphi, \lambda, t) = \sum_l \sum_m \left( \overline{\Delta C}_{lm}(t) \cos m\lambda + \overline{\Delta S}_{lm}(t) \sin m\lambda \right) \overline{P}_{lm}(\sin \varphi)$$

constantes  $a_e = 6378137$  m : demi-grand-axe terrestre

$k'_l$  : nombre de Love de charge (limité à  $l = 12$ )

$g = 9.80$  m/s<sup>2</sup> : accélération moyenne de la pesanteur

variables :  $(r, \varphi, \lambda)$  : coordonnées polaires du satellite

$(\overline{\Delta C}_{lm}(t), \overline{\Delta S}_{lm}(t))$  : coefficients normalisés de pression atmosphérique

# La pression atmosphérique (2)

1: lecture

Nom du fichier

Mot clé

1	potentiel/grim5_e	potentiel
1	.biancale.gin.data.marees.grim5_s1_spot_iugg	marees
1	presatm/default	press
1	flux/acsol2	flux
1	atmosphere/dtm_94bis	atmosphere
1	albedo/moymens4.5.90_91	albedo
1	pole/eop97c04	pole
1	lunisolaires/ephem1960a2020_grim5	planetes

Fichiers  
d'environnement

0 : pas de calcul

1 : calcul avec fichiers à 6h et modèle de réponse  
statique sur les océans (P.Gegout)

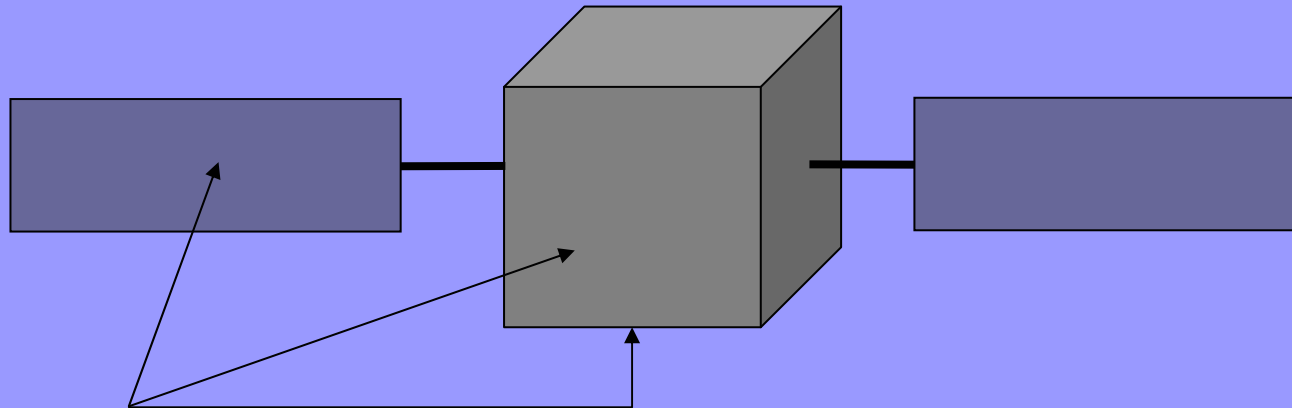
2 : calcul avec fichiers à 6h et pression sur tout le globe

120	2	1	2	5	2	2	4	2	1	gv,ls,fc,ft,ps,mt,mo,rl
0	0	0	0							cdg dop,gps,alti,laser
0	0	.10000e+01	.00000e+00	.00000e+00	.00000e-00					frottement
0		.10000e+01	.00000e+00							portance
0	0	.10000e+01	.00000e+00	.00000e+00	.00000e-00					radiation,ssurm
0		.10000e+01	.00000e+00	.10000e+01						albedo,consol,cospec
0		.10000e+01	.00000e+00	.10000e+01						thermique,consol,cospec

Modèle de forces

# Les forces non gravitationnelles

- Satellite sphérique
- Satellite décomposé en macro-modèle:



Pour chaque face du satellite, on a:

- sa surface
- ses coefficients de réflectivité
- son coefficient d'émissivité
- sa température

# Le frottement atmosphérique

$$F = -\frac{1}{2}\rho \left( k_D \sum_i C_{Di} \frac{S_i}{m} (\bar{v}_r \cdot \bar{n}_i) \cdot \bar{v}_r + k_L \sum_i C_{Li} \frac{S_i}{m} (\bar{v}_r \times \bar{n}_i) \times \bar{v}_r \right)$$

constantes :  $S_i$  : surface

$m$  : masse du satellite

$\bar{n}_i$  : vecteur unitaire normal à la face  $i$

$k_D$  : coefficient global de traînée (a priori = 1)

$k_L$  : coefficient global de portance (a priori = 1)

variables :  $\rho$  : densité atmosphérique

$\bar{v}_r$  : vecteur vitesse relative du satellite / à l'atmosphère en rotation

$$\bar{v}_r \begin{pmatrix} \dot{x} + \Omega y \\ \dot{y} - \Omega x \\ \dot{z} \end{pmatrix}$$

$\Omega = 7.29211 \cdot 10^{-5}$  rd/s : vitesse de rotation de la Terre

$C_{Di}$  : coefficient aérodynamique de traînée de la face  $i$

$C_{Li}$  : coefficient aérodynamique de portance de la face  $i$

# Le frottement atmosphérique (2)

1: lecture

Nom du fichier

Mot clé

1	potentiel/grim5_c	potentiel
1	.biancale.gin.data.marees.grim5_s1_spot_iugg	marees
1	presatm/default	press
1	flux/acsol2	flux
1	atmosphere/dtm_94bis	atmosphere
1	albedo/moymens4.5.90_91	albedo
1	pole/eop97c04	pole
1	lunisolaires/ephem1960a2020_grim5	planetes

Fichiers d'environnement

facteur multiplicatif

0 : pas de calcul	4 : modele MSIS 86 simplifie
1 : modele JACCHIA 71	5 : modele CIRA 90
2 : modele type DTM 78 92 ou 94 en fonction du fichier attache	6 : modele CIRA 90 + modele de vents
3 : modele DTM 94	7 : modele DTM-MARS
	8 : modele STEWART (planete Mars)

120	2	1	2	5	2	2	4	1	1	gv,ls,fc,ft,ps,mt,mo,rl
0	0	0	0							cdg dop,gps,alti,laser
0	0	.10000e+01	.00000e+00	.00000e+00	.00000e+00	.00000e-00				frottement
0	0	.10000e+01	.00000e+00							portance
0	0	.10000e+01	.00000e+00	.00000e+00	.00000e+00	.00000e-00				radiation,ssurm
0	0	.10000e+01	.00000e+00	.10000e+01						albedo,consol,cospec
0	0	.10000e+01	.00000e+00	.10000e+01						que,consol,cospec

Modèle de forces

Surface/masse

# La pression solaire directe

$$F = C \cdot \left( \frac{d_{ua}}{d_s} \right) \cdot k_s \cdot f_{reg} \sum_i \frac{S_i}{m} \bar{\beta}_i$$

avec :  $C = 4.5605 \cdot 10^{-6} \text{ N/m}^2$  à 1 u.a. : constante solaire

$$\left( C = \frac{1367.2 \text{ W/m}^2}{c}, c = \text{vitesse de la lumière} \right)$$

$d_{ua} = 149.59787066 \cdot 10^9 \text{ m}$  : unité astronomique

$S_i$  : surface

$m$  : masse du satellite

$k_s$  : coefficient global de réflectivité (a priori = 1)

$f_{reg}$  : fonction d'ombre régularisante ( $0 < f_{reg} < 1$ )

La fonction  $f_{reg}$  : qui tend vers 0 dans l'ombre et vers 1 en pleine lumière,

s'applique à la fois à l'ombre de la Terre et à l'ombre de la Lune :

# La pression solaire rediffusée et l'infrarouge

La force due au flux rediffusé est issue de l'intégrale sur la partie de Terre éclairée visible du satellite

$$F_a = \frac{C}{\pi} \sum_i \frac{S_i}{m_i} \sum \rho_a \frac{(\bar{s} \cdot d\bar{S})(\bar{u} \cdot d\bar{S})}{D^2} \bar{\beta}_i$$

La force due au flux infra-rouge terrestre est, elle, intégrée sur l'ensemble de la calotte visible du satellite ( $\Sigma$ ) :

$$F_{IR} = \frac{C}{\pi} \sum_i \frac{S_i}{m_i} \sum \frac{e(\bar{u} \cdot d\bar{S})}{4 D^2} \bar{\beta}'_i$$

variables :  $\bar{s}$  : vecteur unitaire de la direction Terre-Soleil

$d\bar{S}$  : vecteur unitaire normal à l'élément de surface de Terre

$\bar{u}$  : vecteur unitaire de la direction élément de surface de Terre-satellite

$D$  : distance entre l'élément de surface de Terre et le satellite

$\rho_a$  : albedo rapporté à l'élément de surface

$e$  : émissivité rapportée à l'élément de surface

$S_i$  : surface de la face  $i$  du satellite

$\bar{\beta}_i$  : vecteur de réflectivité de la face  $i$  du satellite

$\bar{\beta}'_i$  : vecteur de réflectivité infra-rouge de la face  $i$  du satellite:



# Pression solaire directe, rediff. et IR dans le directeur

1	potentiel/grim5_c	potentiel
1	.biancale.gin.data.marees.grim5_s1_spot_iugg	marees
1	presatm/default	press.
1	flux/acsol2	flux
1	atmosphere/dtm_94bis	atmosphere
1	albedo/moymens4.5.90_91	albedo
1	pole/eop97c04	pole
1	lunisolaires/ephem1960a2020_grim5	planetes

Fichiers  
d'environnement

0 : pas de calcul  
 1 : p. solaire directe  
 2 : p. directe + rediff. + IR (numerique avec fonction d'albedo et d' IR)  
 3 : p. directe + rediff. + IR (numerique avec albedo et IR en fichier)  
 4 : p. directe + rediff. + IR (analytique avec fonction d'albedo et d' IR)  
 5 : p. directe + rediff. + IR (analytique avec albedo et IR en fichier)  
 6 : modele ROCK IV  
 7 : idem 4 mais sans la p. directe (utile pour pour sat hauts)

facteur  
multiplicatif

120	2	1	2	5	2	2	4	1	1	gv,ls,fc,ft,ps,mt,mo,rl
0	0	0	0							cdg dop,gps,alti,laser
0	0	.10000e+01	.00000e+00	.00000e+00	.00000e-00					frottement
0		.10000e+01	.00000e+00							portance
0	0	.10000e+01	.00000e+00	.00000e+00	.00000e-00					radiation,ssurm
0		.10000e+01	.00000e+00	.10000e-00						albedo,consol,cospec
0		.10000e+01	.00000e+00	.10000e+01						thermique,consol,cospec

Modèle de forces

coef. spéculaire

Surface/masse

# La diffusion thermique

La dissipation thermique des équipements à bord du satellite produisent une accélération:

$$F = -\frac{2\sigma}{3c} \sum_i \frac{S_i}{m} \varepsilon_i T_i^4 \mathbf{n}_i$$

Avec:  $\sigma$  la constante de Stefan-Boltzman  
 $c$  la vitesse de la lumière  
 $m$  la masse du satellite  
 $S_i$  la surface de la face  $i$   
 $\varepsilon_i$  le coefficient d'émissivité de la face  $i$   
 $\mathbf{n}_i$  la normale à la face  $i$   
 $T_i$  la température de la face  $i$

# La diffusion thermique (2)

0 : pas de calcul  
1 : calcul

120	2	1	2	5	2	2	4	1	1	gv,ls,fc,ft,ps,mt,mo,rl
0	0	0	0							cdg dop,gps,alti,laser
0	0	.10000e+01	.00000e+00	.00000e+00	.00000e+00	.00000e-00				frottement
0		.10000e+01	.00000e+00							portance
0	0	.10000e+01	.00000e+00	.00000e+00	.00000e+00	.00000e-00				radiation,ssurm
0		.10000e+01	.00000e+00	.10000e+01						albedo,consol,cospec
0		.10000e+01	.00000e+00	.10000e+01						thermique,consol,cospec

facteur multiplicatif

Surface/masse

Modèle de forces

# La relativité

Pour écrire correctement l'équation de la dynamique dans le cadre de la relativité générale, on introduit une accélération complémentaire

$$\vec{A} = \frac{GM}{c^2 r^3} \cdot \left[ \left( 4 \frac{GM}{r} - v^2 \right) \vec{r} + 4(\vec{v} \cdot \vec{r}) \cdot \vec{v} \right]$$

# La relativité (2)

- 0: pas de calcul
- 1: calcul (Schwarschild)
- 2: calcul (Schwarschild + Lense Thirring + précession géodésique)
- 3: calcul (Schwarschild + Lense Thirring)
- 4: calcul (Schwarschild + précession géodésique)

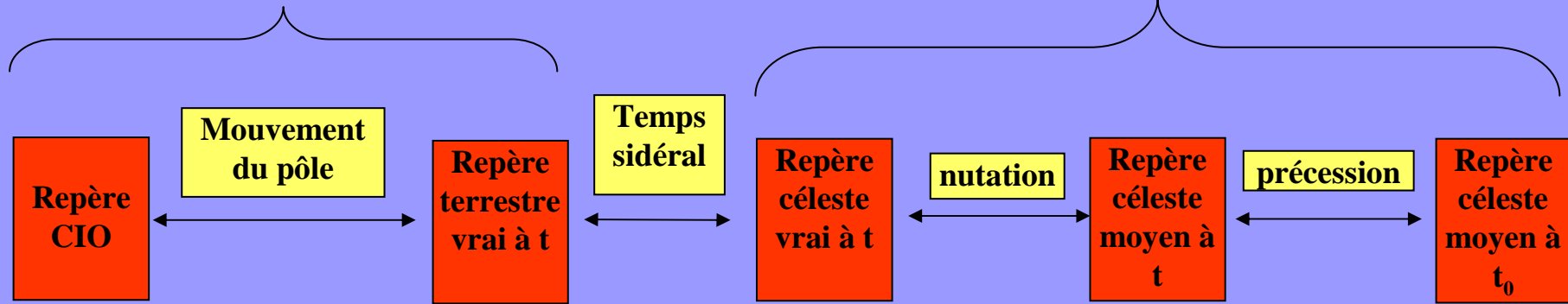
120	2	1	2	5	2	2	4	1	1	gv,ls,fc,ft,ps,mt,mo,rl
0	0	0	0							cdg dop,gps,alti,laser
0	0	.10000e+01	.00000e+00	.00000e+00	.00000e+00	.00000e-00				frottement
0		.10000e+01	.00000e+00							portance
0	0	.10000e+01	.00000e+00	.00000e+00	.00000e+00	.00000e-00				radiation,ssurm
0		.10000e+01	.00000e+00	.00000e+00	.10000e+01					albedo,consol,cospec
0		.10000e+01	.00000e+00	.10000e+01						thermique,consol,cospec

Modèle de forces

# LE LOGICIEL GINS: Les systèmes de référence

Repères liés au corps

Repères liés aux étoiles



Repère utilisé pour les forces gravitationnelles

Repères utilisés pour l'intégration numérique

Instantané de la date

Inertiel

# Les systèmes de référence (2)

1	potentiel/grim5_c	potentiel
1	.biancale.gin.data.marees.grim5_s1_spot_iugg	marees
1	presatm/default	press.
1	flux/acsol2	flux
1	atmosphere/dtm_94bis	atmosphere
1	albedo/moymens4.5.90_91	albedo
1	pole/eop97c04	pole
1	lunisolaires/ephem1960a2020_grim5	planetes

Fichiers  
d'environnement

Position du pôle  
et temps sidéral

1 : calcul en instantané de la date  
2 : calcul en inertiel(J2000)  
3 : calcul en instantané de la date (1950.0)  
4 : calcul en inertiel(1950.0)

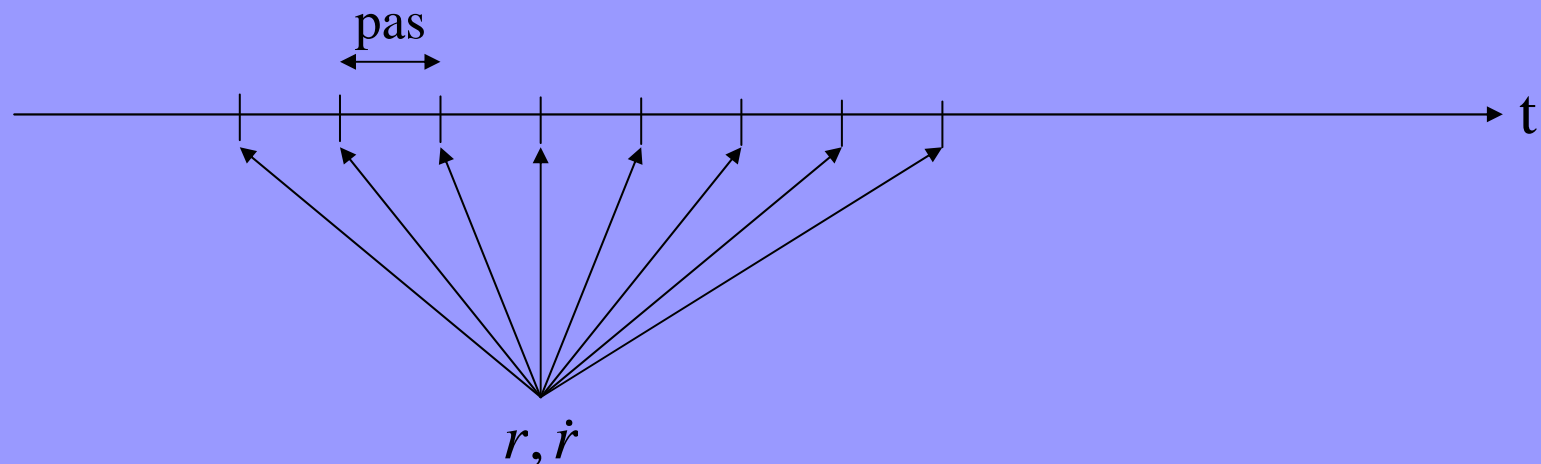
120	2	<b>1</b>	2	5	2	2	4	1	1	gv,ls,fc,ft,ps,mt,mo,rl
0	0	0	0							cdg dop,gps,alti,laser
0	0	.10000e+01	.00000e+00	.00000e+00	.00000e-00					frottement
0		.10000e+01	.00000e+00							portance
0	0	.10000e+01	.00000e+00	.00000e+00	.00000e-00					radiation,ssurm
0		.10000e+01	.00000e+00	.10000e+01						albedo,consol,cospec
0		.10000e+01	.00000e+00	.10000e+01						thermique,consol,cospec

Modèle de forces

# LE LOGICIEL GINS: L'intégration numérique

## intégrateur numérique à pas liés de type Cowell

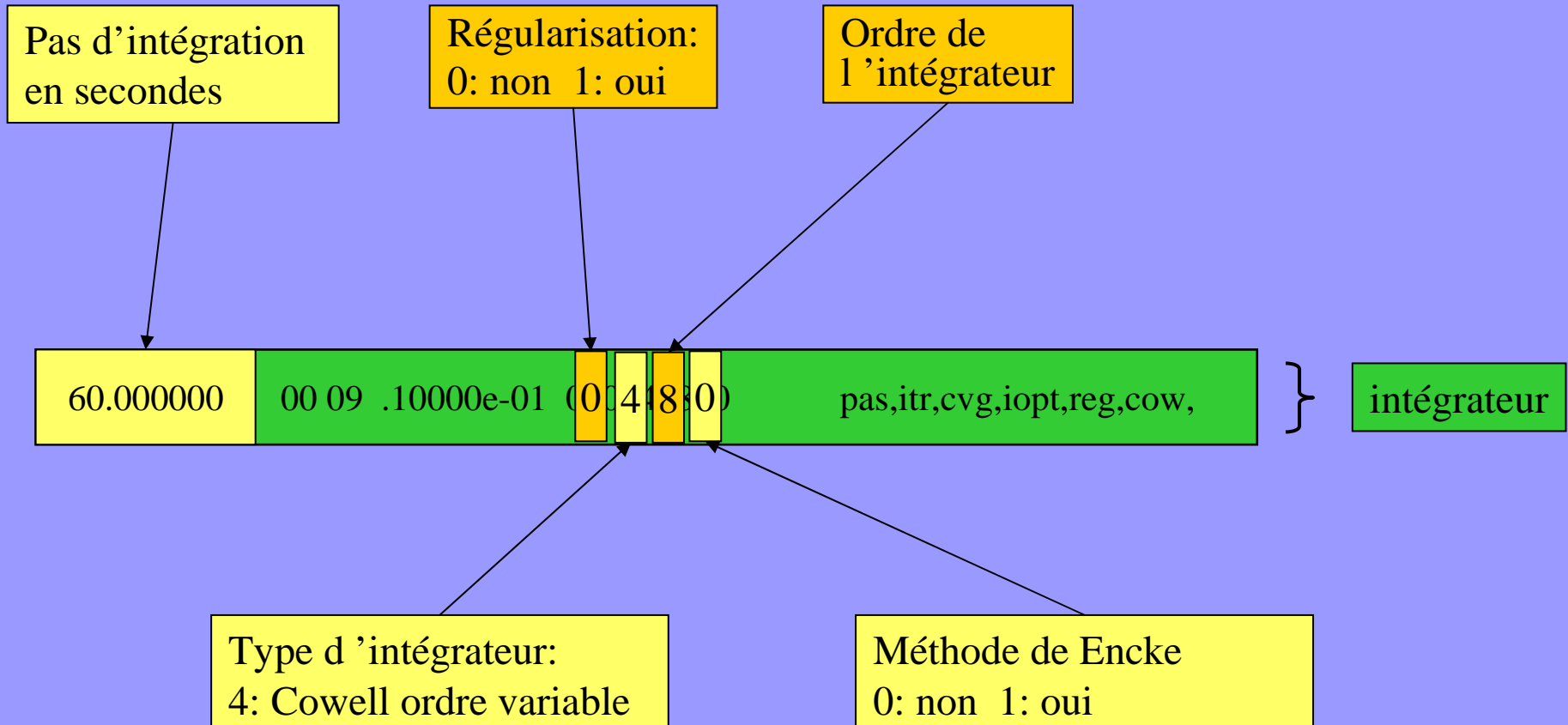
- ordre variable (en général 8)
- pas d'intégration



- régularisation: pas en temps  $\longrightarrow$  en angle ( orbites excentriques)
- technique de Encke: intégration autour d'une orbite moyenne

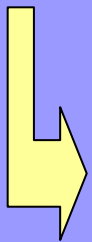


# LE LOGICIEL GINS: L'intégration numérique (2)



# Extrapolation d'orbite: Les sorties

- Bulletins aux dates demandées
- éphémérides du satellite c.a.d, à chaque pas d'intégration:
  - position, vitesse, accélération dans le repère d'intégration
  - position, vitesse dans le repère lié au corps



ov : logiciel de comparaison d'orbites

# Extrapolation d'orbite: Le listing

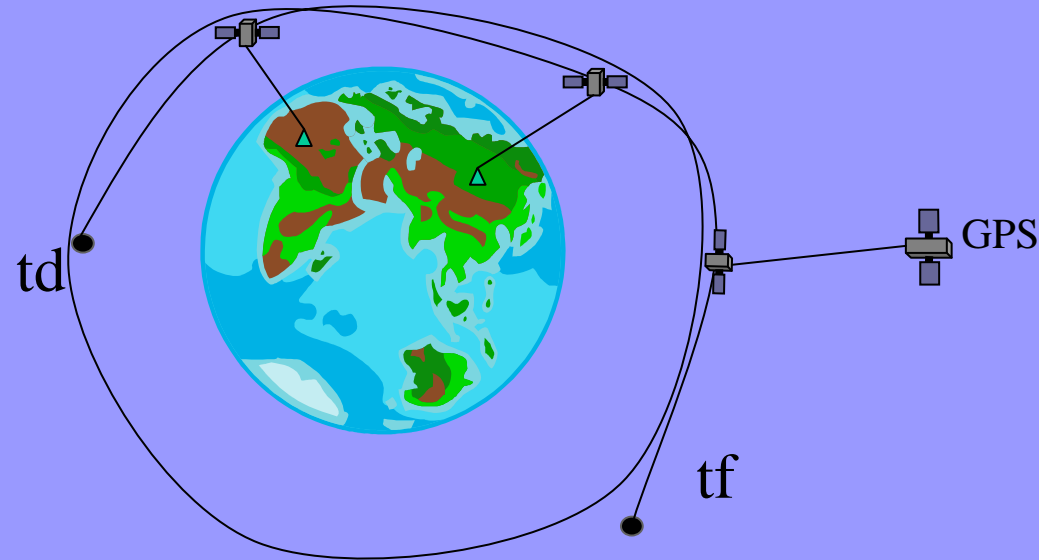
```

1      .biancale.gin.data.potentiel.grim5_c1          gravite
1      marees/grim5_spot                             marees
1      presatm/default                               press.
0      .....                                        mss
1      flux/acsol2                                   flux
1      atmosphere/dtm_94bis                          atmosphere
0      albedo/moymens4.5.90_91                       albedo
1      .doris.gin/data/pole/eop97c04_12h             pole
1      lunisolaires/ephem1960a2020_grim5             planetes
0      .cretaux.stations.doris.sst9396.laser_nf      stations
0      stations/problemes/problemes_stations         problemes
0      charge/ocean/loadst_fes95_itrf94             loading
0      charge/atmosphere/default                    contload
0      .....                                        bulletins
0      .....                                        bulletins
1      bulletin/spot2_grim5                          bulletins b1
0      .....                                        bulletins b2
0      .....                                        mesures haut
0      .....                                        mesures haut
0      mesures/spot2/doppler/19950101_19950131      mesures bas1
0      .....                                        mesures bas1
0      .....                                        mesures bas1
0      .....                                        mesures bas2
0      .....                                        mesures bas2
0      .....                                        mesures bas2
0      0      0      7      0      03  999  12      impression,elimination
2      0      0      0      0      0      sp2950101.B00      archivage
16436      0.000000
16436      0.000000 16437      0.000000
16436      0.000000 16437      0.000000 00000      0.000000 00000      0.000000
0      .04000e+00 .34000e+00 .00000e+00 .00000e+00 1997.00      pole moyen(as)

```

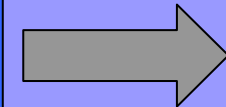


# LE LOGICIEL GINS: Restitution d'orbite (1)



On fait une extrapolation d'orbite **ET**

- on prend en compte des mesures à partir
  - de stations au sol (Laser, Doppler...)
  - d'autres satellites (GPS)



$Q_{obs}$

On cherche à minimiser les écarts entre l'orbite calculée et les mesures en ajustant des paramètres

## LE LOGICIEL GINS: Restitution d'orbite (2)

Les paramètres ajustables:

- le bulletin initial (toujours libérés)
- les facteurs multiplicatifs des forces ( frottement, portance, albedo, thermique)
- les coefficients empiriques: biais, termes périodiques...
- les forces stochastiques
- les paramètres liés à la mesure

# LE LOGICIEL GINS: Moindres carrés (1)

L'équation est: 
$$\sum_{i=1}^P \frac{\partial Q}{\partial \gamma_i} \Delta \gamma_i = \Delta Q \qquad \Delta Q = Q_{\text{obs}} - Q_{\text{théo}}$$

avec  $\Delta \gamma_i$  :les corrections aux paramètres ajustés

On a M mesures à notre disposition, cela donne:

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial Q_1}{\partial \gamma_1} & \dots & \frac{\partial Q_1}{\partial \gamma_p} \\ \vdots & & \vdots \\ \frac{\partial Q_M}{\partial \gamma_1} & \dots & \frac{\partial Q_M}{\partial \gamma_p} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta \gamma_1 \\ \vdots \\ \Delta \gamma_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta Q_1 \\ \vdots \\ \Delta Q_p \end{bmatrix}$$

Qu'on écrit :  $A \cdot \Delta \gamma = B$

## LE LOGICIEL GINS: Moindres carrés (2)

On veut minimiser les écarts

$$E = B - A.\Delta\gamma$$

au sens des moindres carrés

On minimise  $S$  tel que:  $S = E^t.W.E$

avec  $W = \begin{bmatrix} w_1 & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & w_M \end{bmatrix}$

La matrice des poids des mesures



## LE LOGICIEL GINS: Moindres carrés (3)

Le critère de minimisation s'écrit:

$$S = \sum_{j=1}^M w_j \cdot (B_j - A_j \cdot \Delta\gamma)^2$$

Avec  $A_j$  la  $j^{\text{eme}}$  ligne de  $A$  et  
 $B_j$  la  $j^{\text{eme}}$  valeur de  $B$

$$\text{On obtient: } A^t \cdot W \cdot (B - A \cdot \Delta\gamma) = 0$$

Et finalement:

$$A^t \cdot W \cdot A \cdot \Delta\gamma = A^t \cdot W \cdot B$$

# LE LOGICIEL GINS: Moindres carrés (4)

Exemple:  $W=I$ , 2 paramètres,  $M$  mesures

$$\begin{bmatrix} \sum_{j=1}^M \left( \frac{\partial Q_j}{\partial \gamma_1} \right)^2 & \sum_{j=1}^M \left( \frac{\partial Q_j}{\partial \gamma_1} \right) \cdot \left( \frac{\partial Q_j}{\partial \gamma_2} \right) \\ \sum_{j=1}^M \left( \frac{\partial Q_j}{\partial \gamma_1} \right) \cdot \left( \frac{\partial Q_j}{\partial \gamma_2} \right) & \sum_{j=1}^M \left( \frac{\partial Q_j}{\partial \gamma_2} \right)^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta \gamma_1 \\ \Delta \gamma_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{j=1}^M \Delta Q_j \left( \frac{\partial Q_j}{\partial \gamma_1} \right) \\ \sum_{j=1}^M \Delta Q_j \left( \frac{\partial Q_j}{\partial \gamma_2} \right) \end{bmatrix}$$

# Processus de la restitution d'orbite (1)

- $Q_{\text{obs}}$  est lu dans les fichiers de mesure
- $Q_{\text{theo}}$  est calculé à partir du vecteur position/vitesse du satellite et du vecteur position de la station à l'instant de la mesure.
  - Le vecteur position/vitesse du satellite
    - interpolation de lagrange des points de Cowell
  - La position de la station dans le repère lié au corps après la prise en compte:
    - de la dérive tectonique (fait à la lecture)
    - les déplacements dus:
      - aux marées solides
      - aux marées océaniques
      - à la pression atmosphérique

## Processus de la restitution d'orbite (2)

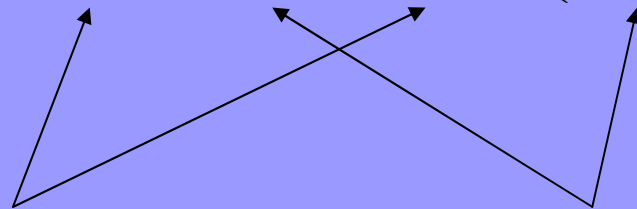
$\frac{\partial Q_j}{\partial \gamma_i}$  s'écrit:

- pour les paramètres ne dépendant pas de la dynamique:  
calcul direct (analytique)
- pour les paramètres dépendants de la dynamique:

$$\left( \frac{\partial Q_j}{\partial \gamma_{\text{dyn}}} \right) = \left( \frac{\partial Q_j}{\partial r} \right) \cdot \left( \frac{\partial r}{\partial \gamma_{\text{dyn}}} \right) + \left( \frac{\partial Q_j}{\partial \dot{r}} \right) \cdot \left( \frac{\partial \dot{r}}{\partial \gamma_{\text{dyn}}} \right)$$

analytique

numérique



## Processus de la restitution d'orbite (3)

Pour calculer  $\left(\frac{\partial \mathbf{r}}{\partial \gamma_i}\right)$  et  $\left(\frac{\partial \dot{\mathbf{r}}}{\partial \gamma_i}\right)$  On part de l'équation de la dynamique

$$\ddot{\mathbf{r}} = \mathbf{f}(\mathbf{r}, \dot{\mathbf{r}}, \boldsymbol{\gamma}_{\text{dyn}}, t)$$

et on dérive par rapport aux paramètres dynamiques pour obtenir ce qu'on appelle les équations aux variations

$$\left(\frac{\partial \ddot{\mathbf{r}}}{\partial \gamma_{\text{dyn}}}\right) = \left(\frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{r}}\right)\left(\frac{\partial \mathbf{r}}{\partial \gamma_{\text{dyn}}}\right) + \left(\frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \dot{\mathbf{r}}}\right)\left(\frac{\partial \dot{\mathbf{r}}}{\partial \gamma_{\text{dyn}}}\right) + \left(\frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \boldsymbol{\gamma}_{\text{dyn}}}\right)$$

## Processus de la restitution d'orbite (4)

Ces équations différentielles sont intégrées en même temps que l'équation de la dynamique par Cowell

→  $r, \dot{r}, \left( \frac{\partial r}{\partial \gamma_{\text{dyn}}} \right)$  et  $\left( \frac{\partial \dot{r}}{\partial \gamma_{\text{dyn}}} \right)$  aux dates d'intégration

après interpolation à la date de la mesure on peut calculer:

$$\left( \frac{\partial Q_j}{\partial \gamma_{\text{dyn}}} \right) = \left( \frac{\partial Q_j}{\partial r} \right) \cdot \left( \frac{\partial r}{\partial \gamma_{\text{dyn}}} \right) + \left( \frac{\partial Q_j}{\partial \dot{r}} \right) \cdot \left( \frac{\partial \dot{r}}{\partial \gamma_{\text{dyn}}} \right)$$

On peut donc constituer la matrice d'observation :

$$A = \begin{bmatrix} \frac{\partial Q_1}{\partial \gamma_1} & \dots & \frac{\partial Q_1}{\partial \gamma_p} \\ \vdots & & \vdots \\ \frac{\partial Q_M}{\partial \gamma_1} & \dots & \frac{\partial Q_M}{\partial \gamma_p} \end{bmatrix}$$

## Processus de la restitution d'orbite (5)

On effectue les produits  $A^t.W.A$  et  $A^t.W.B$

On inverse la matrice normale ( $A^t.W.A$ ) par la technique de Cholesky

On résout le système puis on corrige les paramètres  $\gamma = \gamma + \Delta\gamma$

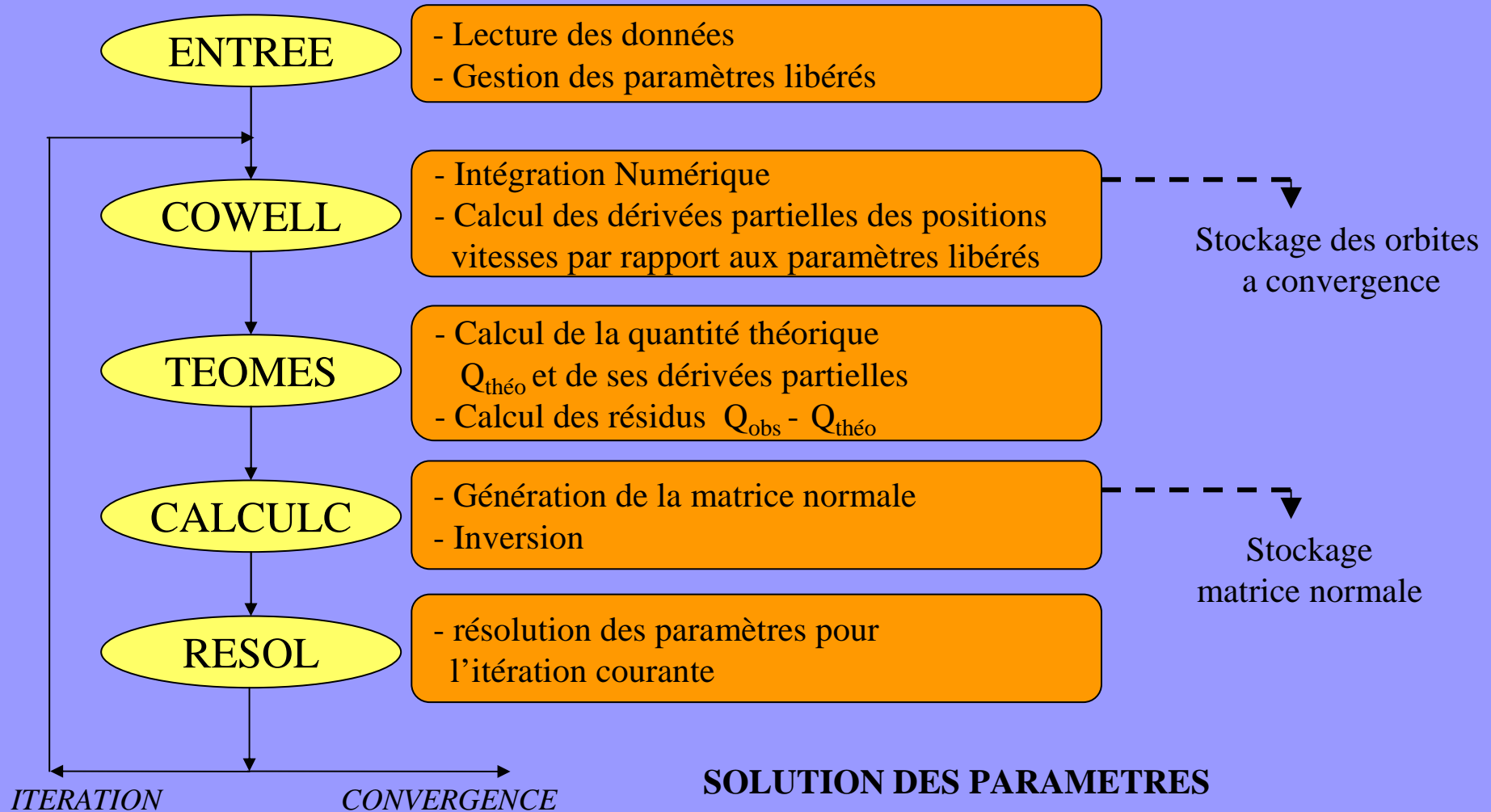
Et on itère tant que  $\left| \sum_{j=1}^M \Delta Q_j^2 \right|_{iter} - \left| \sum_{j=1}^M \Delta Q_j^2 \right|_{iter-1} > \epsilon$

A NOTER: On peut montrer que d'une itération à l'autre, la variation

$\left( \frac{\partial Q_j}{\partial(r, \dot{r})} \right)$  est prépondérante par rapport à  $\left( \frac{\partial(r, \dot{r})}{\partial \gamma_{dyn}} \right)$

Le calcul de  $A^t.W.A$ , très coûteux, n'est donc effectué qu'à la première itération

# LE LOGICIEL GINS: Organigramme







Positions et vitesses des stations

Effets de surcharge océanique et atmosphérique

Problèmes stations Laser

1	.biancale.gin.data.stations.grim5_s1_iugg	stations
1	.biancale.gin.data.problemes.pbstat_	problemes
1	charge/ocean/grim5	loading
1	charge/atmosphere/default	contload
0	.....	bulletins h
1	bulletin/topex_grim5	bulletins b1
0	.....	bulletins b2
0	.....	mesures haut
1	mesures/topex/doppler/default	mesures bas1
0	.....	mesures bas2

Fichiers d'environnement

Fichier mesures

Pour chaque fichier de mesure on doit avoir un bloc de description correspondant

Type de mesure

Corrections de mesure

Ecart-type a priori des mesures

Ecart-type a priori des modeles

-2	2	1	1	.99999e+05	.30000e-03	mes.,freq.,trop.,pond.
0	0	0	0	0	0	fin correction mesures

mesures

# LE LOGICIEL GINS: La convergence

Nombre  
minimum  
d'iterations

Nombre  
maximum  
d'iterations

60.000000

00

09

9.10000e-01

0 0 4 8 0

pas,itr,cvg,iopt,reg,cow,

} convergence

Critère de convergence  
du processus itératif

# LE LOGICIEL GINS: Les mesures

## TYPE DE MESURE

- 1 : Laser
- 2 : Doppler descendant
- 22 : Doris chaine
- 3 : Interferometre (VLBI)
- 4 : Optique
- 6 : Altimetrie
- 7 : Points de croisement altimetriques
- 8 : Prare Doppler
- 9 : Prare Range
- 10 : Ephemeride(X,Y,Z inertielles satellite)
- 11 : Pseudo-distance GPS non differentiee
- 12 : Double-difference GPS
- 31 : Doppler DSN (2 ou 3 voies)
- 34 : Doppler DSN 1 voie
- 38 : Distance DSN (2 ou 3 voies)
- 40 : Doppler NEIGE (1 voie montant)

## PARAMETRES

- 1 : biais de datation, de distance et troposphérique
- 2 : biais de fréquence et troposphérique
- 22 : idem
- 3 : biais d'horloge station et troposphère
- 4 : RIEN
- 6 : RIEN
- 7 : RIEN
- 8 : RIEN
- 9 : RIEN
- 10 : RIEN
- 11 : biais d' horloge, ambiguïtés, troposphère
- 12 : ambiguïté, troposphère
- 31 : biais de fréquence
- 34 : biais de fréquence
- 38 : biais
- 40 : biais de datation

# LE LOGICIEL GINS: Les paramètres

1	.10000e+01	.00000e+00	.50000e+00	.00000e-00	frottement
1	.10000e+01	.00000e+00			portance
1	.10000e+01	.00000e+00	.00000e+00	.00000e-00	radiation,ssurm
1	.10000e+01	.00000e+00	.10000e+01		albedo,consol,cospec
0	.10000e+01	.00000e+00	.10000e+01		thermique,consol,cospec
0	.00000e+01	.00000e+00	.00000e+00		r-bias,per,demi-per,jour
2	.00000e+01	.00000e+00	.00000e+00		t-bias,per,demi-per,jour
2	.00000e+01	.00000e+00	.00000e+00		n-bias,per,demi-per,jour
0	.00000e+01	.00000e+00	.00000e+00		x-bias,per,demi-per,jour
0	.00000e+01	.00000e+00	.00000e+00		y-bias,per,demi-per,jour
0	.00000e+01	.00000e+00	.00000e+00		z-bias,per,demi-per,jour

} paramètres

Libération  
si non nul

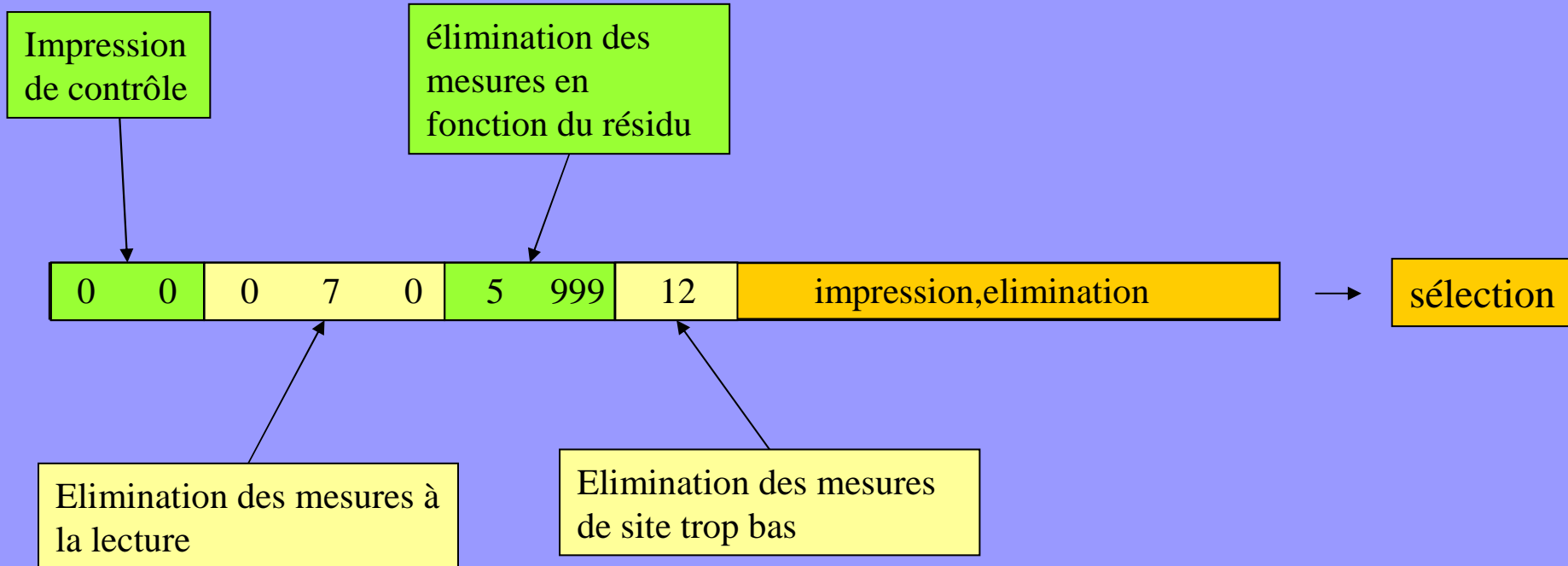
Ecart  
type

Valeur  
initiale

Intervalle  
d'ajustement

Les valeurs initiales et les écart-types des paramètres peuvent être aussi modifiés par le fichier valeur\_a\_priori (cf valeurs\_apriori\_info)

# LE LOGICIEL GINS: L'élimination de mesures





# Restitution d'orbite: Les sorties

- éphémérides du satellite à convergence
- Bulletins aux dates demandées
- Les paramètres ajustés
  - listing
  - fichier graphique



# Restitution d'orbite: Le listing (1)

```
1      .lemoine.gin.data.potentiel.grim5_initial_a      gravite
1      marees/grim5_lageos      marees
1      presatm/default      press.
0      .....      mss
0      .....      flux
0      .....      atmosphere
0      .....      albedo
1      pole/eop97c04      pole
1      lunisolaires/ephem1960a2020_grim5      planetes
1      .biancale.gin.data.stations.grim5_step1.sta_98_99      stations
1      .biancale.gin.data.stations.pbstat_new      problemes
1      charge/ocean/grim5      loading
1      charge/atmosphere/default      contload
1      .lemoine.gin/batch/listing/a_priori_lag1_98_99      valeurs
0      .....      bulletins
0      .....      bulletins
0      .....      bulletins b1
0      .....      bulletins b2
0      .....      mesures haut
0      .....      mesures haut
1      .marty.mesures.lageos1.9801_9909      mesures bas1
0      .....      mesures bas1
0      .....      mesures bas1
0      .....      mesures bas2
0      .....      mesures bas2
0      .....      mesures bas2
0      0      0      0      0      -6      10      0      impression,elimination
0      0      0      0      0      0      lageos1_step2_9ter      archivage
17537      0.000000
17537      0.000000 17547      0.000000
17547      0.000000      0      0.000000      0      0.000000      0      0.000000
0      .04000e+00      .34000e+00      .00000e+00      .00000e+00 1997.00      pole moyen(as)
```



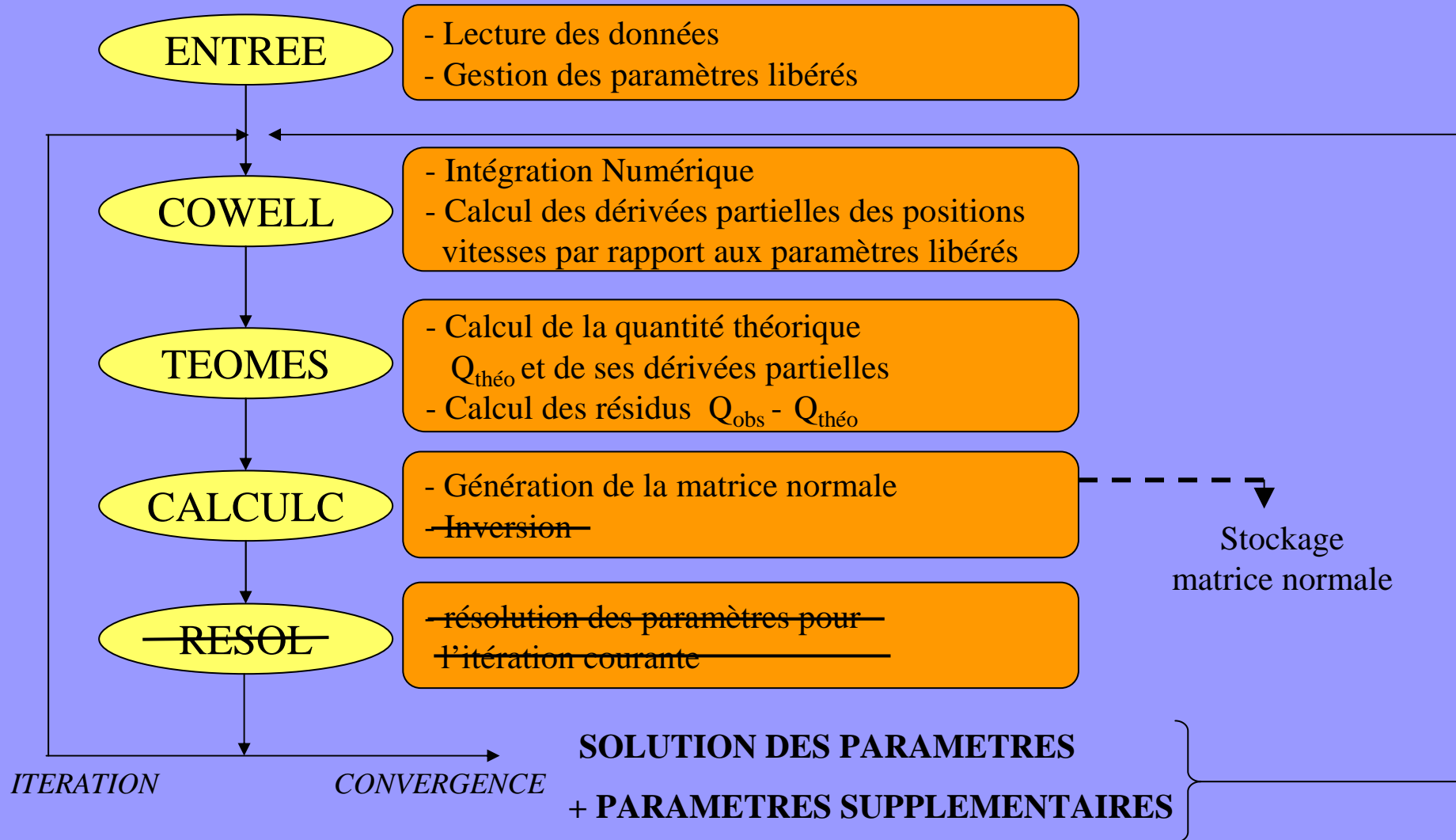
# Restitution d'orbite: Le listing (3)

## CE QU'IL FAUT REGARDER:

- Les warnings
- Les residus
- Les paramètres ajustés
- L'histogramme

# Restitution d'orbite: Le fichier graphique

# LE LOGICIEL GINS: Itération supplémentaire





# La procédure d'exécution de gins

exe\_gins90:

- paramètres obligatoires:

- [-dir directeur ] nom du directeur (par défaut dans gin/data/directeur)
- [-fic nomfic ] nom du fichier intermédiaire entre prepares et gins ( dans gin/batch/fic)

- paramètres optionnels:

- [-v version ] nom de la version du gins a exécuter (GRIM5, doris, ...).
- [-prepars\_seul] exécution de PREPARS uniquement
- [-save\_fic] sauvegarde du fichier intermédiaire
- [-save\_stat] sauvegarde du fichier statistiques
- [-nograph] pas de génération de fichier postscript graphique
- [-o output] nom du fichier listing sur BOREAL-CI
- [-serveur] stockage des sorties sur le serveur d'archivage
- [-n nombre\_gins] nombre de gins a enchaîner (par défaut : 1)
- [-dyb directeur\_b] nom du directeur de la réduction (sous dynamo/data/directeur\_b)
- [-lT temps\_cpu] temps CPU maximum pour le job sur le CRAY (par défaut : 1800)
- [-lM taille\_mem] taille limite de la mémoire pour le job sur le CRAY (par défaut : 150)
- [-lF taille\_disque] place disque pour le job sur le CRAY (par défaut : 1 GW)

# Restitution d'orbite: GPS seul

```

1 potentiel/grim5_c1 potentiel
1 .biancale.gin.data.marees.grim5_s1_spot_iugg marees
1 presatm/default press.
1 flux/acsol2 flux
1 atmosphere/dtm_94bis atmosphere
1 albedo/moymens4.5.90_91 albedo
1 pole/eop97c04 pole
1 lunisolaires/ephem1960a2020_grim5 planetes
1 .biancale.gin.data.stations.grim5_s1_iugg stations
1 .biancale.gin.data.problemes.pbstat_ problemes
1 charge/ocean/grim5 loading
1 charge/atmosphere/default contload
0 ..... bulletins h
1 bulletin/topex_grim5 bulletins b1
0 ..... bulletins b2
1 .marty.mesuresGPS mesures haut
0 ..... mesures bas1
0 ..... mesures bas2
0 0 0 0 0 5 9999 0 300 impression,elimination
1 0 0 9 0 0 eq_sep_2000_299 archivage
18560 19.000000 date bulletins
18560 19.000000 18560 86400.000000 date debut/fin arc
0 0.000000 0 0.000000 0 0.000000 0 0.000000
0 .04000e+00 .34000e+00 .00000e+00 .00000e+00 1997.00 pole moyen(as)
haut -----
12 2 1 0 7 1 1 1 0 0 0gv,ls,fc,ft,ps,mt,mo,rl,pa,al
0 0 0 0
0 .10000e+01 .00000e+00 .00000e+00 .00000e-01 radiation,ssurm
0 .10000e+01 .00000e+00 .00000e+00 albedo,consol,cospec
0 .10000e+01 .00000e+00 .00000e+01 thermique
0 .00000e+00 .00000e+00 .00000e+00 r-bias,per,demi-per,jour
0 .00000e+00 .00000e+00 .00000e+00 t-bias,per,demi-per,jour
0 .00000e+00 .00000e+00 .00000e+00 n-bias,per,demi-per,jour
-3 .00000e+00 .00000e+00 .00000e+00 x-bias,per,demi-per,jour
-1 .00000e+00 .00000e+00 .00000e+00 y-bias,per,demi-per,jour
-1 .00000e+00 .00000e+00 .00000e+00 z-bias,per,demi-per,jour
11 -3 1 8 .00000e-00 .00000e-00 mes.,freq.,trop.,pond. (m
-166611 0 0 0 0 0 0 elim sat11 block IIR
-166613 0 0 0 0 0 0 elim sat13 block IIR
-177723 0 0 0 0 0 0 elim sat23 attitude
8 0 0 0 0 0 0 0 prise en compte de horl
10 0 0 0 0 0 0 0 donnees en TAI
0 0 0 0 0 0 0 0 fin correction mesures
600.000000 00 09 .10000e-01 0 0 4 8 0 pas,itr,cvg,iopt,reg,cow
com -----

```



Mesures haut



Block haut



Mesures GPS



# Restitution d'orbite: GPS+bas

1	potentiel/grim5_c1		potentiel
1	.biancale.gin.data.marees.grim5_s1_spot_iugg		marees
1	presatm/default		press.
1	flux/acsol2		flux
1	atmosphere/dtm_94bis	atmosphere	
1	albedo/moymens4.5.90_91		albedo
1	pole/eop97c04		pole
1	lunisolaires/ephem1960a2020_grim5	planetes	
1	.biancale.gin.data.stations.grim5_s1_iugg	stations	
1	.biancale.gin.data.problemes.pbstat_	problemes	
1	champ_exp/ch_og_1_pre		accelero
1	.geodexp.Tc_SU.lissee.sphere.n5.212_031.dat		temperatures
1	charge/ocean/grim5		loading
0	charge/atmosphere/default		contload
1	.loyer.valeurs_a_priori_accelero_avec_acc_08		valeurs a pri
0	.....		Bulletins
0	.....		bulletins h2
1	.loyer.gin/data/bulletins/chalas18467-18648.900s	bulletins b1	
0	.....		bulletins b2
2	.loyer.gin/batch/orbite/IGS		mesures haut
0	.....		mesures haut
1	champ_exp/ch_og_1_sst		mesures bas1
1	mesures/champ/laser/default	mesures bas1	
0	.biancale.mesures.champ_08		mesures bas1
0	.....		mesures bas2
0	.....		mesures bas2
0	.....		mesures bas2
0	.....		mesures bas2
0	0 0 0 0 0 599999 00 30		impression,elimination
3	0 0 0 0 0 -1 cha_ete_18530		archivage
18530	00900.000000		date bulletins
18530	00900.000000 18531 43200.000000		date debut/fin arc
0	0.000000 0 0.000000 0 0.000000 0 0.000000		
0	.04000e+00 .34000e+00 .00000e+00 .00000e+00 1997.00		pole moyen(as)

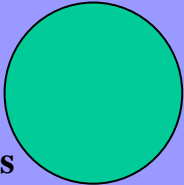
→ accelero

→ Block haut

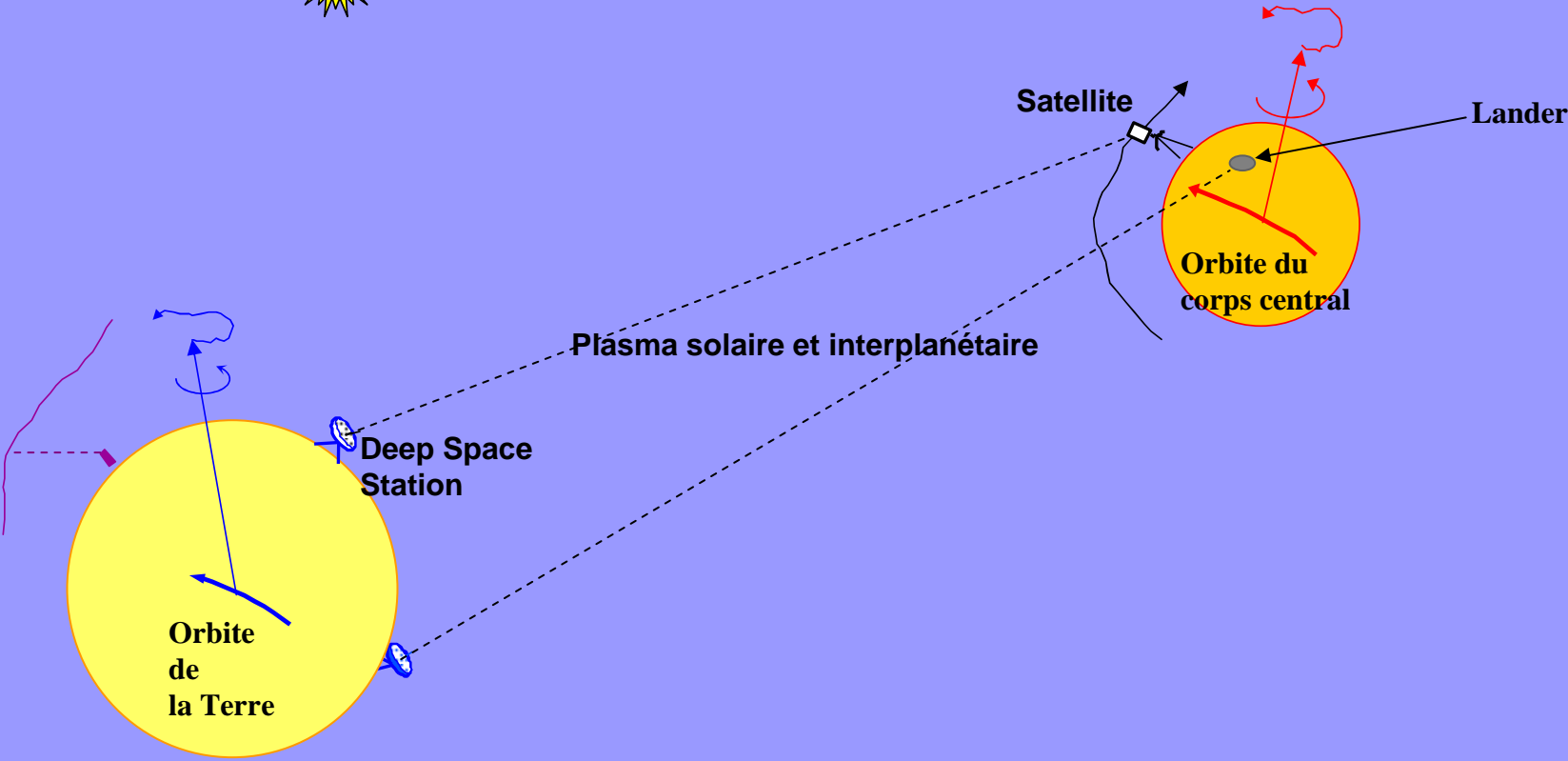
→ Block bas



# LE LOGICIEL GINS: Cas planétaire



Corps perturbateur





# LE LOGICIEL GINS: simulation (1)

## PRINCIPE:

- Extrapolation d'orbite
- calcul d'une mesure théorique le long de cette orbite
- rajout éventuel de bruits
- stockage de ces mesures simulées dans un fichier de mesure classique



# LE LOGICIEL GINS: simulation (3)

```

bas1 -----
 30  -8   2   0   0   2   0   0   0   0   0gv,ls,fc,ft,ps,mt,mo,rl
   0   0   0   0                                     cdg dop,gps,alti,laser
  0  0 .10000e+01 .00000e+00 .10000e+01 .01000e-00 frottement
   0 .10000e+01 .00000e+00                                     portance
  0  0 .10000e+01 .00000e+00 .00000e+00 .01000e-00 radiation,ssurm
   0 .10000e+01 .00000e+00 .10000e+01                   albedo,consol,cospec
   0 .10000e+01 .00000e+00 .10000e+01                   thermique,consol,cospec
   0 .00000e+01 .00000e+00 .00000e+00                   r-bias,per,demi-per,jour
   0 .00000e+01 .00000e-00 .00000e+00                   t-bias,per,demi-per,jour
   0 .00000e+01 .00000e-00 .00000e+00                   n-bias,per,demi-per,jour
   0 .00000e+01 .00000e+00 .00000e+00                   x-bias,per,demi-per,jour
   0 .00000e+01 .00000e+00 .00000e+00                   y-bias,per,demi-per,jour
   0 .00000e+01 .00000e+00 .00000e+00                   z-bias,per,demi-per,jour
   0                                     coef aspect

1    lageos    xyz    tai    9932    28000.000000
1 -.1109079582719660E+08
1 -.1717323640543675E+08
1 0.2268802272517785E+07
1 0.9867239490260763E+03
1 -.3591390800466383E+04
1 -.1393225842847998E+04
101 ← 0   0   0 .00000e-00 .00000e-00 mes.,freq.,trop.,pond. (m
   0   0   0   0   0   0   0   0 fin correction mesures
10.000000   0 10 .10000e-02 0 1 4 8 0 pas,itrc,icvg,iiopt,reg,cow,
com -----

```

Clé de mesure +/- 100





# LE LOGICIEL GINS: entrées

