

The background of the slide is a dark field filled with numerous small, bright stars of varying colors (white, yellow, blue). In the center of the slide, there is a circular inset image showing the Earth as seen from space, with blue oceans and white clouds surrounding a brownish-green landmass.

# Le projet PODET : motivations, premières réalisations

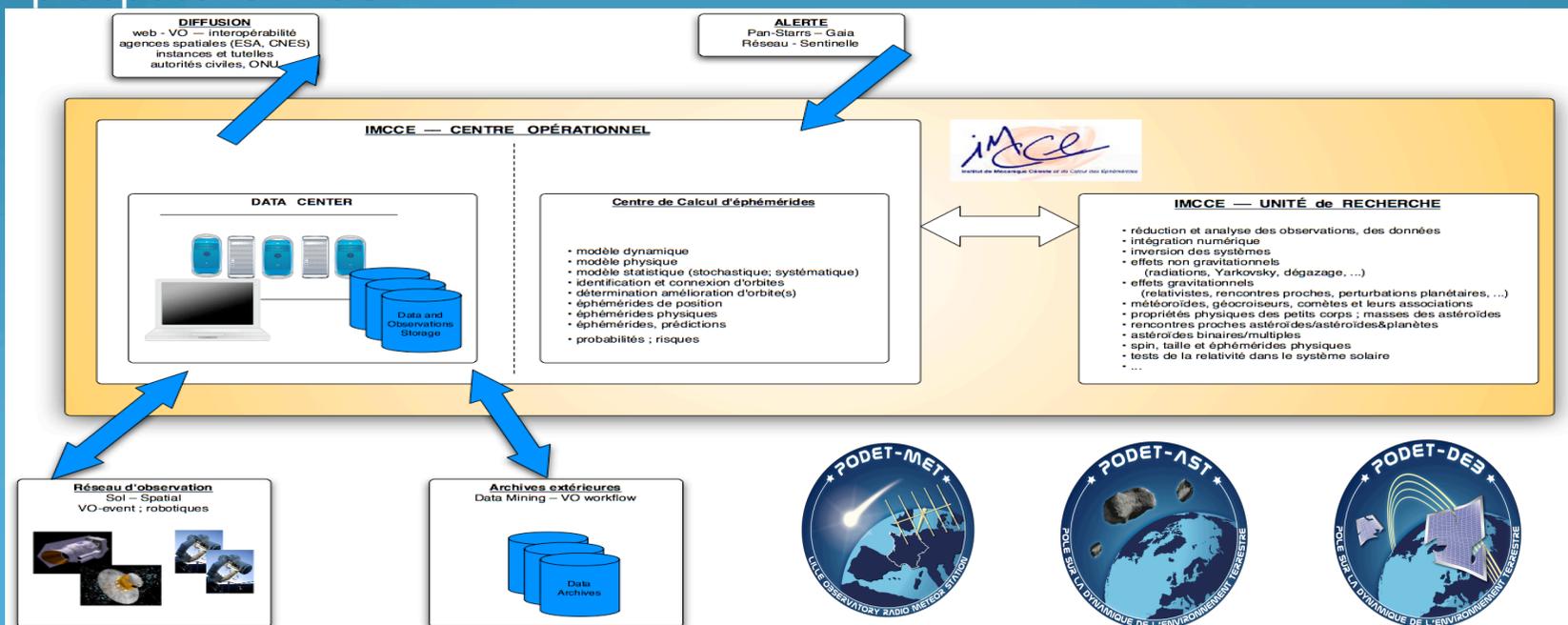
**F. Deleflie, D. Hestroffer, W. Thuillot J. Vaubaillon, A. Vienne,  
J. Berthier, F. Vachier**

**<sup>1</sup> IMCCE/Observatoire de Paris / GRGS**

**Assemblée générale de l'ASOV, Paris, 11-12 octobre 2010**

# Pôle sur la Dynamique de l'Environnement Terrestre

- mars 2008: doc soumis au CNES et présentation au groupe Système Solaire
- décembre 2008: retenu pour la prospective CNES
- mars 2009: reste en course après le colloque de prospective CNES
- CS OP 2009: inséré dans « PPF quad.» prioritaire Formation et évol. du système solaire
- octobre 2009: PODET apparaît dans la préparation du colloque de prospective INSU



# Activités de PODET



- Acquisition d'observations
  - VO
  - Database
  - Datamining
- Dynamique
  - Mise au point de modèles
  - Ajustement et détermination d'orbites
- Prédications
  - Éphémérides et leurs incertitudes
  - Estimations de risques
  - Messages, VO alert : informations aux tutelles et observateurs
  - Diffusion grand public

SYSTÈME OPERATIONNEL  
PODET

PODET-NEO

PODET-MET

PODET-DEB



Surveys,  
FUN

Centres  
MPC- Lowell – NEODys

Observations  
Images/mesures

Elémnts orb.  
observations

Traitements – corrections –  
réduction -

Extraction NEO  
Orb. + Obs.

Bdd astrométrique

Bdd astrométrique  
+ données orbitales et  
physiques

Modélisation dyn.  
+ ajustement

Ephémérides – Evénements –  
Risques – data - graphes

Diffusion  
Serveur - Interopérabilité

Accès utilisateurs

- récupération de données « orbitales »
- récupération de données « physiques »
- acquisition de données observationnelles
- traitement de données (réduction)
- modélisation
- ajustements
- éphémérides
- prévisions approches/rencontres
- estimation de risques
- bases de données
- services/diffusion

# PODET-NEO

- 3 sources de données :
  - Accès à des centres de données
  - Réalisations d'observations astrométriques sur alertes
  - Fouilles d'archives
- Services :
  - Bases de données d'éléments orbitaux
  - Incertitudes et propagation d'erreurs
  - Liste d'événements de rapprochements planétaires
  - Evaluation de risques de collision
  - Représentations graphiques
  - Diffusion d'informations et alertes
- Recherche
  - Astrométrie d'objets particuliers
  - Forces non gravitationnelles
  - Etude des résonances
  - Modèles statistiques d'observation
  - Modèles dynamiques court et moyen



Catalogue sources  
astrométriques  
Fouille de données

Surveys,  
Réseaux Follow-Up  
Sites d'observation

Centres de données  
MPC- Lowell – NEODys –JPL  
Agences spatiales

Coord. TU  
Extraction  
Obs. NEO

Images  
CCD  
Traitements  
Corrections  
Réduction

Elt. Orb.  
Extraction  
Elt. NEO

Coord. TU  
Extraction  
Obs. NEO

Coord. TU  
Nouvelles mesures astrométriques

Elt. Coord. Orb. TU  
Fusion des données observ. et auxiliaires



Bdd astrométrique  
Données orbitales et  
physiques

**Objets géocroiseurs**  
Diagramme  
fonctionnel

Modélisation dynamique  
Integration num. + ajustement

Ephémérides

Erreurs  
associées

Prédiction de  
rapprochements

Estimation  
des  
risques

Visuels  
Orbites, propag. d'erreurs

Diffusion on-line  
Serveur Web

Web services  
Interopérabilité

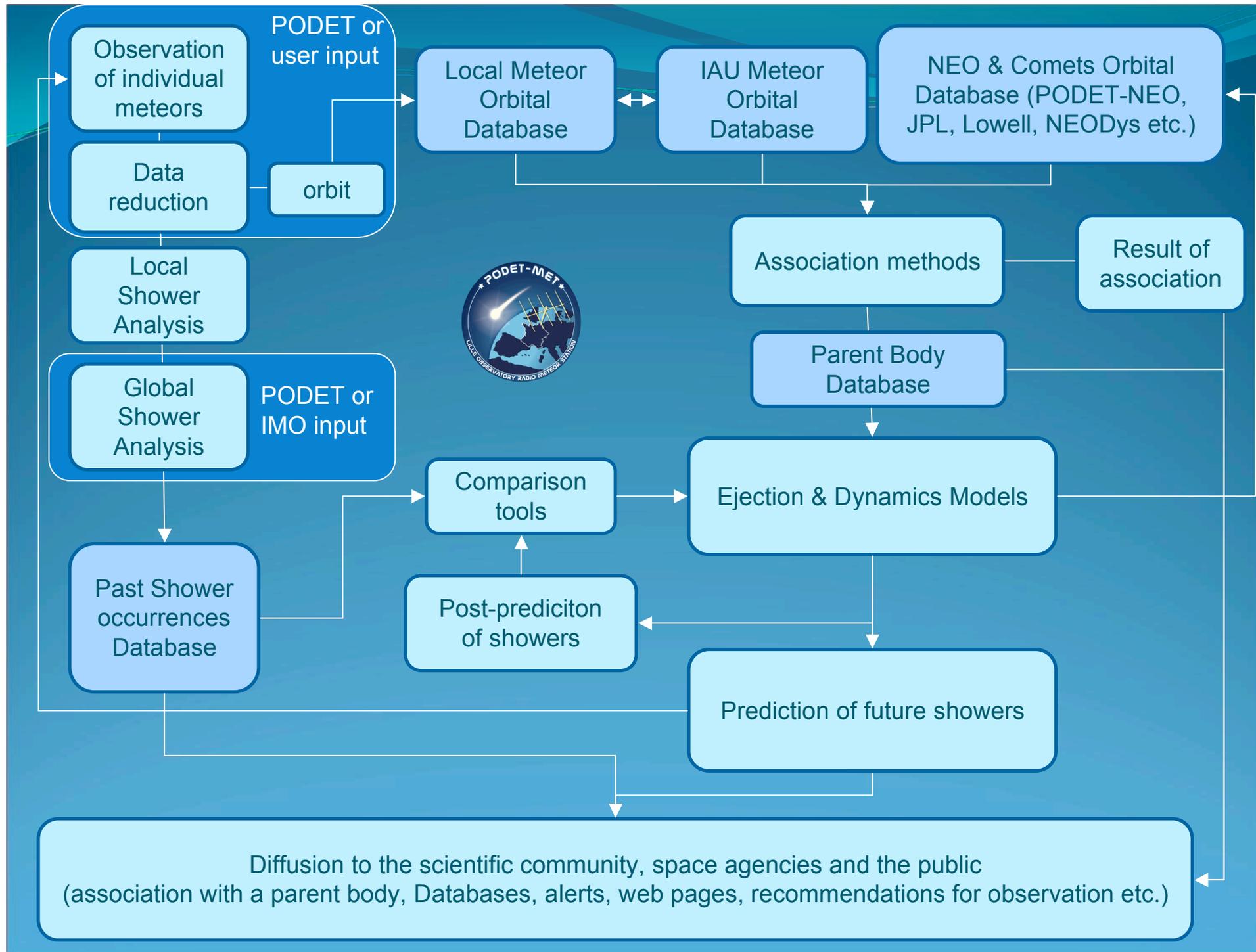
Accès utilisateurs

Accès OV  
Serveurs clients

# PODET-MET



- Analyse d'observations de pluies
  - Temps réel et différé
  - Aide à l'identification de malfunctions de satellites artificiels
  - Estimation de risques
- Identification de corps parents
- Pluies passées
  - Explications et historique
  - Description
- Pluies futures
  - Éphémérides / alertes
  - Détermination de conditions optimales d'observations
- Recherche
  - Forces non gravitationnelles, dynamique du groupe
  - Echanges de matière
  - Nature et structure des comètes et astéroïdes
  - Mode de degazage ou destruction des noyaux cométaires
  - Origine de pluies météoritiques



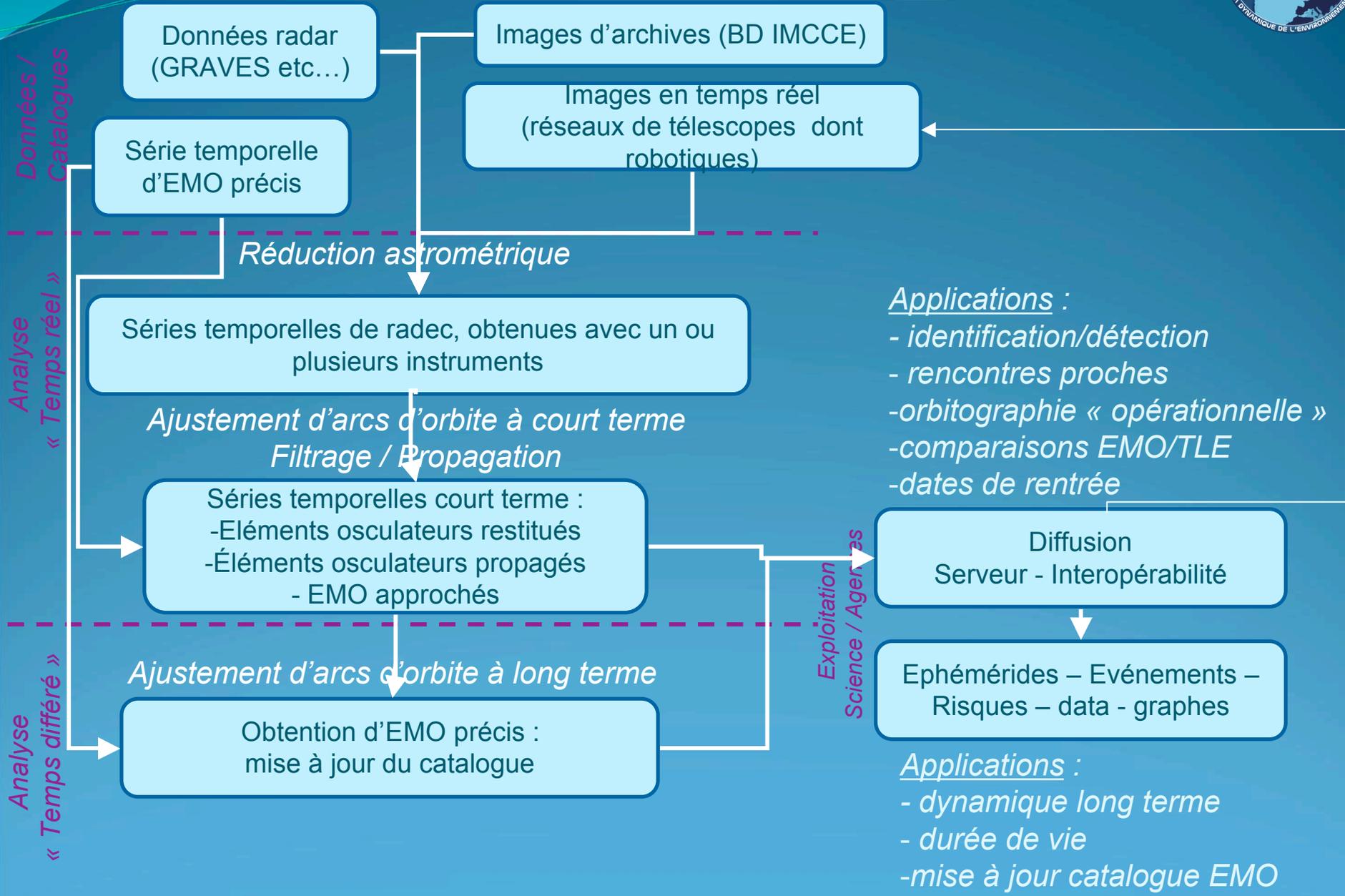
# PODET-DEB



- Observations :
  - Données de télémétrie
  - Astrométrie
  - Radar
  - Temps réel ou fouille d'archives
- Ephémérides
  - Base de données spécifique
  - Court terme : propagateurs analytiques ou numériques
  - Long terme : propagateurs semi-analytiques
- Applications
  - Conditions de rencontres proches
  - Visualisations de la constellation
  - Dates de rentrée / durée du vie
  - Dynamique de la population
  - Détermination de paramètres physiques : S/M, Cx...
- Recherche :
  - Théories de mouvements du satellite, court et long terme
  - Ajustement d'orbite
  - Résonance, chaos, stabilité
  - Modèles statistiques
  - Dynamique de la population



# Schéma d'analyse : PODET-Débris



# PODET-DEB :

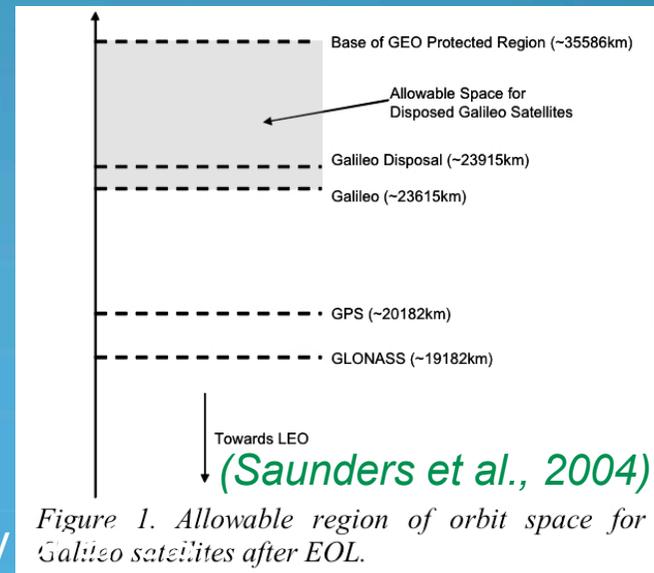
*Applications scientifiques et  
opérationnelles*



# Where improvements are expected



- Over a few revolutions:
  - Evaluating collision risk
  - Error budget of orbit determination methods
- Over 15 - 20 years:
  - ensuring the stability of the initial configuration of the constellation without too many orbital maneuvers:  $\Delta a$  ?
  - LEO: atmospheric drag
- Over decades and centuries: studying the free evolution of trajectories:  $\Delta e$  ?
  - Maximal variations of osculating elements ?
  - Maximal variations of mean elements ?
  - Influence of initial conditions...
    - *Dynamical properties*
    - *Towards chaos detection ?*
- Methods for timelife estimation :
  - Numerous numerical integrations
  - Numerous semi-analytical integrations
  - Analytical search for resonance areas, frequency



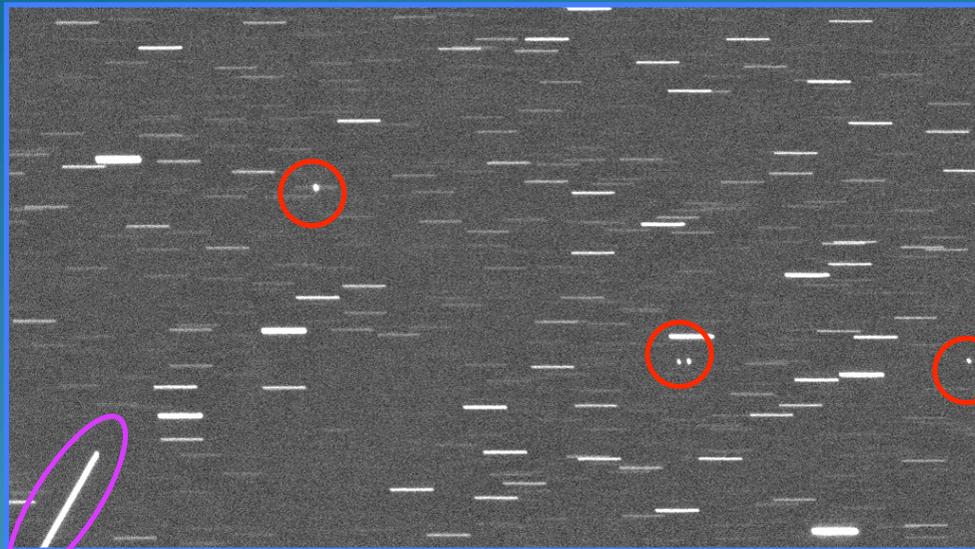
# Space debris: what kind of effects ?

*Chute d'un réservoir de 250 kg en acier inoxydable provenant d'un étage supérieur de lanceur Delta II après 9 mois en orbite (1997, Georgetown, Texas)*



# Space debris: astrométrie

4  
GEO  
1  
LEO

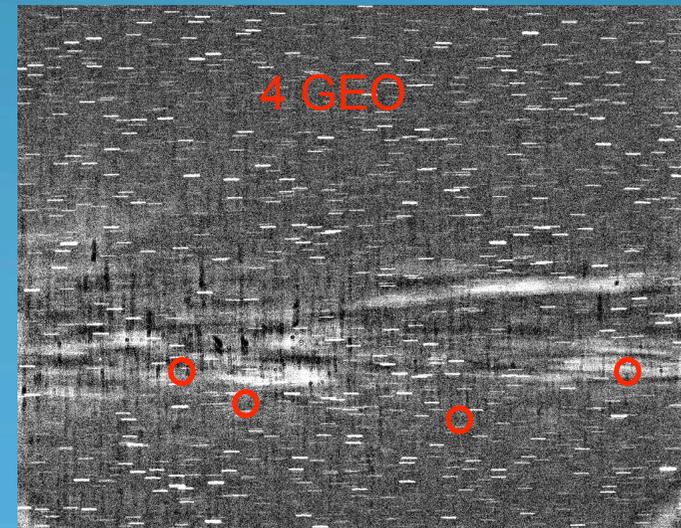


Difficult cases : dazzling or bright objects



3 images (10 s)  
without sidereal tracking

Difficult cases : noise and atmospheric conditions

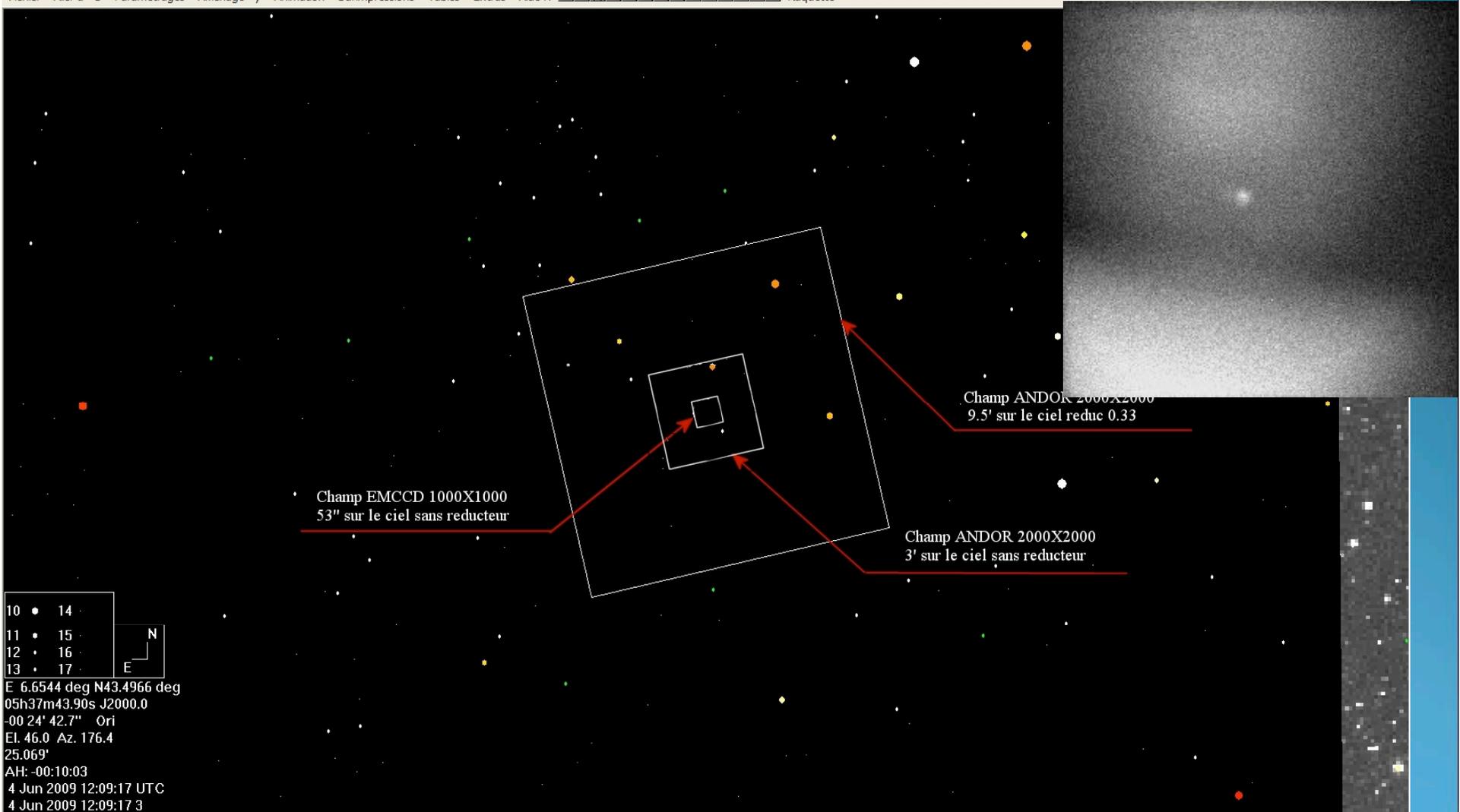


# Space debris : télémétrie



GUIDE 8.0 4 Jun 2009 12:09:17 UTC

Fichier Aller à G Paramétrages Affichage y Animation Surimpressions Tables Extras Aide H [Navigation icons] Raquette



10	•	14
11	•	15
12	•	16
13	•	17

E 6.6544 deg N43.4966 deg  
05h37m43.90s J2000.0  
-00 24' 42.7" Ori  
El. 46.0 Az. 176.4  
25.069'  
AH: -00:10:03  
4 Jun 2009 12:09:17 UTC  
4 Jun 2009 12:09:17.3

démarrer

GUIDES

GUIDE 8.0 4 J...

FR Termes à rech...

17:00

# Catalogue de débris spatiaux : *la nécessité de l'interopérabilité*



- Ajustement d'arcs courts
  - Défi informatique si nombre d'objets très important
  - Identification des objets :
    - Observations « temps réel » de type « télémétrie »
    - Positions sur fonds d'étoiles
  - Mêmes objets ou objets différents ?
  - Diffusion externe vers services opérationnels :
    - Qualité de l'ajustement
    - Bilan d'erreurs
    - Format d'échanges
- Production d'éléments moyens approchés
  - Filtrage analytique des arcs courts, temps quasi-réel : EMO(t)\_1
  - Evaluation intrinsèque de la qualité des EMO approchés
    - Modèle CODIOR
    - Cohérence intégration analytique initialisée et intégration numérique
- Production du catalogue et applications
  - Défi informatique :
    - Modèle « CODIOR » complet en mode « restitution », pour toute la population de débris spatiaux
    - 2e filtrage des arcs courts, analytico-numérique, temps différé : EMO(t)\_2
  - Diffusion et applications du/des catalogue(s)
    - Format d'échanges vers services opérationnels et analyse mission
    - Transformation EMO/TLE



# PODET-DEB : *Premières réalisations*

# Une base de données dédiée : ODIN

Applications Raccourcis Système 1,20 GHz jpichon mer 24 jun, 13:23

Client WebServices - Mozilla Firefox

Fichier Édition Affichage Historique Marque-pages Outils Aide

http://127.0.0.1/sicomodes/client/webservices/tle.php

QEMU - Debian - Lin... Place Ghantoos » kv... Place Ghantoos » M... Programmer un noy... [C++] Notions avan... Quelle moto choisir ...

phpMyAd... Client... Offre d'e... Welcome... L'achat ... Quelle m... Dunes M... Fiche occ... Fiche occ... WANTED ... Dunes M... concessi... Blc

Satellites TLE

### Recherche de Satellites

Nom NORAD du satellite:

Nom CODIOR du satellite:

Rechercher

### RÉSULTATS DE LA RECHERCHE

Date de recherche: 24/06/2009

Sélection	Nom NORAD	Nom CODIOR	Forme
<input checked="" type="radio"/>	Mon très beau satellite (&&à)ç" & "çà_é)	Mon beau satellite (&&à)ç" & "çà_é)	pas très beau (aaazze_çèrez&&&&)

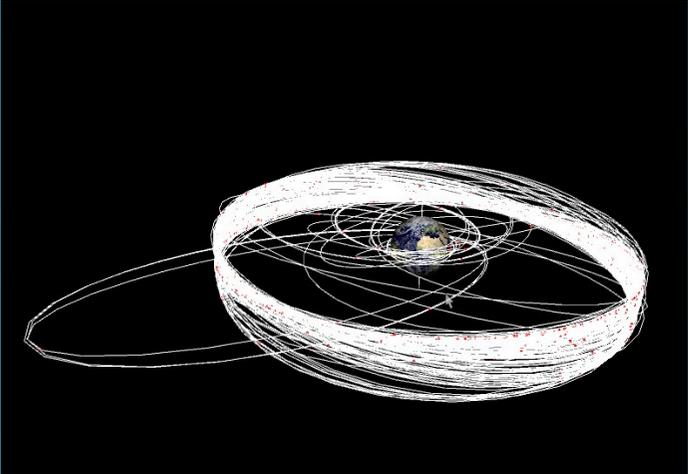
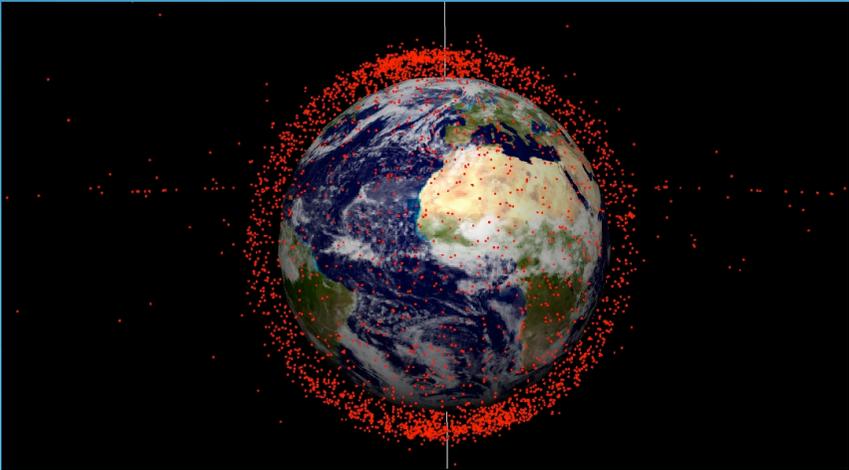
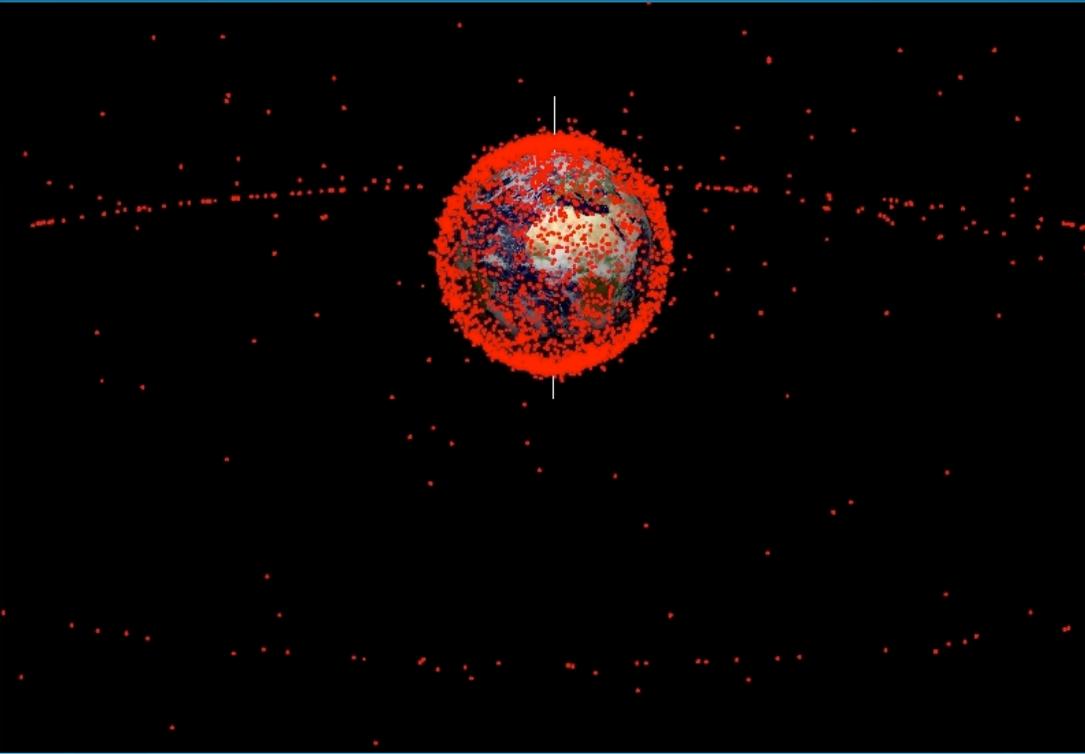


# La base ODIN



- Gestion en mode « archive » et « opérationnel »
  - Conditions initiales de satellites, éléments moyens
  - Comparaison systématique avec les TLE disponibles
  - Applications spécifiques :
    - Reconnaissance d'objets
    - Probabilités de collision
- Organisation technique :
  - Un site client, un site d'administration (php)
  - BD en MySQL
  - Gestion des types d'éléments
  - Gestion des précalculs
- Mises à jour automatiques
  - 6000 objets
  - Gestion du type de théorie génératrice

# Visualisations



# Exploitations de la BD



ODIN

https://podet.imcce.fr/debris/odin/index.php/calcul/computeChart?type=tle

Informations (3790) Apple (246) Webelix SNB Cours Tatum html MacTeX Meca CPGE iFOREX SITgc awk csh... SkyBot Latex Math Symbols

Satellites Two Line Element EMU Elements osculateurs WebserviceS PODET

### Graphique

#### Inclinaison / Demi grand axe

Y-axis: Demi grand axe (kn)

X-axis: Inclinaison (deg)

Rechercher un satellite

Nom usuel

Numéro NORAD

Rechercher

Menu

[Liste des TLEs](#)

[Graphiques](#)

Site optimisé pour Mozilla FireFox et Netscape.  
Copyright © IMCCE 2010. Tous droits réservés.  
Conception : Facell, Jérôme

# Extrapolations analytiques



https://benoite.imcce.fr/debris/propagator-sgp4/

Output Type:

Model: SGP4

TLE data (line count must be multiple of 3)

```
ISS (ZARYA)
1 25544U 98067A 10166.79769875 .00006935 00000-0 56791-4 0 3317
2 25544 51.6484 237.7188 0008891 328.4111 132.8977 15.71835768663252
```

NORAD:

Frame:       Coordinates:

Date:

Step size:

Number of steps:

## Example of php client

```
<?php
$client = new SoapClient("https://benoite.imcce.fr/debris/webservice.php?wsdl",
    array('trace'=>1, 'cache_wsdl'=>WSDL_CACHE_NONE));

$a = array('mime'=>'text', 'model'=>'SGP4',
    'tleref'=>'demo_stations', 'satellitenum'=>'36505',
    'coordtype'=>'cartesian', 'frame'=>'J2000',
    'date'=>'2010-06-30T01:59:02.001',
    'nstep'=>'4', 'step'=>'10');

$a['tleref'] = '';
$a['tledata'] = '';
$a['tledata'] = "ISS (ZARYA) \n";
$a['tledata'] = "1 25544U 98067A 10166.79769875 .00006935 00000-0 56791-4 0 3317";
$a['tledata'] = "2 25544 51.6484 237.7188 0008891 328.4111 132.8977 15.71835768663252";
$a['satellitenum'] = '';

$res = $client->propagatorSGP4($a);
print "$res\n";
?>
```

ODIN

https://benoite.imcce.fr/debris/odin/backend.php/webservices

Satellites Two Line Element EMO Satellites osculateurs WebServices

### WebServices

Fichier WSDL  
Espace de nom : IMCCE

Fonctions exposées:

```
//Recherche un/des satellite(s) par son nom ou son numero NORAD (3 caracteres minimum)
satidentite[] WS.SearchSatellite(string nom_usuel, string num_norad)
    nom_usuel : Nom partiel du satellite
    num_norad : Numero NORAD du satellite
```

Rechercher un satellite

Nom usuel

Numéro NORAD

Contact Us | Terms of Use | Trademarks | Privacy Statement  
Copyright © IMCCE 2009 ---. Tous droits réservés.

PODET

Merci ! :)

POLE SUR

LA DYNAMIQUE

DE L'ENVIRONNEMENT

TERRESTRE

Voir : <http://vo.imcce.fr>

