

# Celestial Reference Frames in the Gaia era

G. Bourda<sup>1, 2</sup> & P. Charlot<sup>1</sup>

- (1) Laboratoire d'Astrophysique de Bordeaux
- (2) SYRTE – Observatoire de Paris



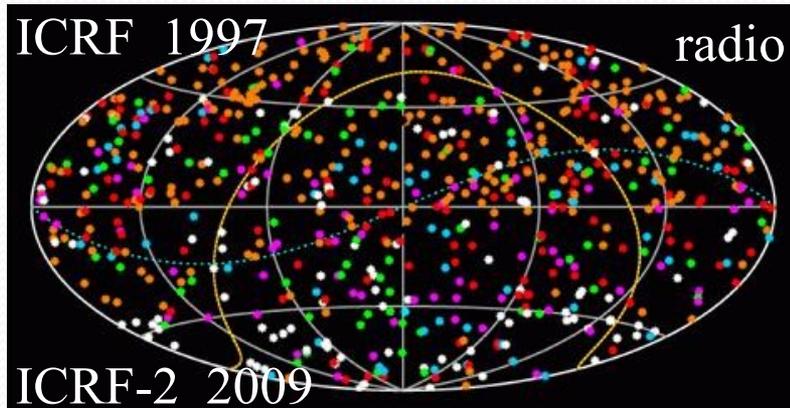
# 1. Contexte

- **Atelier « Gaia – ICRF »**, Patrick Charlot (LAB)
- Financement AS-Gaia (2008)
- Lieu : Laboratoire d'Astrophysique de Bordeaux (LAB)
- Date : Vendredi 24 Octobre 2008
- Buts : Communauté française “système de référence pour Gaia”
  - ✓ Présentation des travaux
  - ✓ Coordination
  - ✓ Développement des collaborations



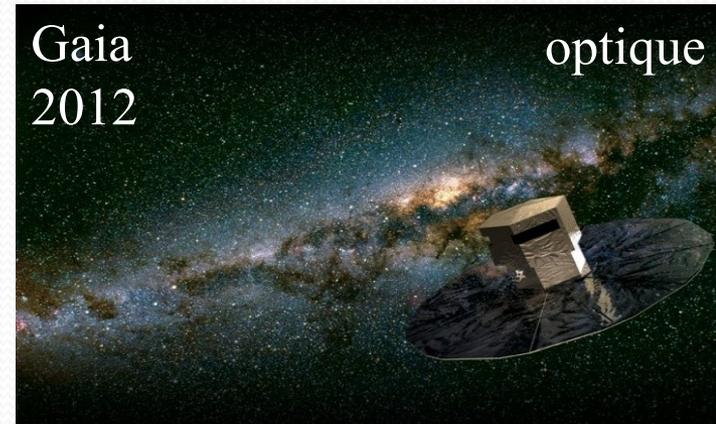
*ICRF = International Celestial Reference Frame*

# Repères célestes à l'ère Gaia (2015-2020)



Ma et al. 1998  
Fey et al. 2004

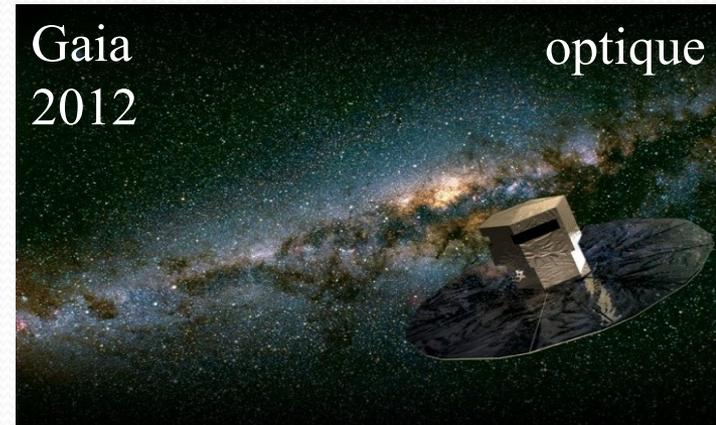
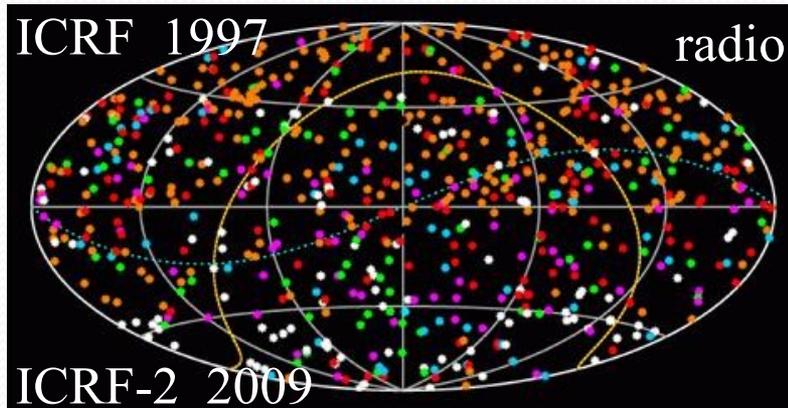
- ICRF : 717 sources extragalactiques  
ICRF-2 : ~3000 sources (Août 2009)
- VLBI – Radio (@ 2 et 8 GHz)
- Précision atteignant :  
ICRF :  $\sigma \sim 250 \mu\text{as}$   
ICRF-2 :  $\sigma \sim 50 \mu\text{as}$



Perryman et al. 2001  
Lindegren et al. 2008

- > 10 000 QSOs
- Directement en optique
- Précision attendue :  
 $16 \mu\text{as} \leq \sigma \leq 70 \mu\text{as} @ 15 \leq V \leq 18$

# Repères célestes à l'ère Gaia (2015-2020)



## Grande importance alignement précis Gaia–ICRF (optique–radio) :

- Plusieurs centaines d'objets communs
- Répartition homogène sur le ciel
- Positions Gaia & VLBI très précises :
  - ⌈  $V \leq 18$  (Mignard 2003)
  - ⌈ Structure VLBI peu étendue (Charlot 1990)

**DPAC–Gaia** : Tâche spécifique CU3 « Auxiliary Data » (GWP-S-335-15000)

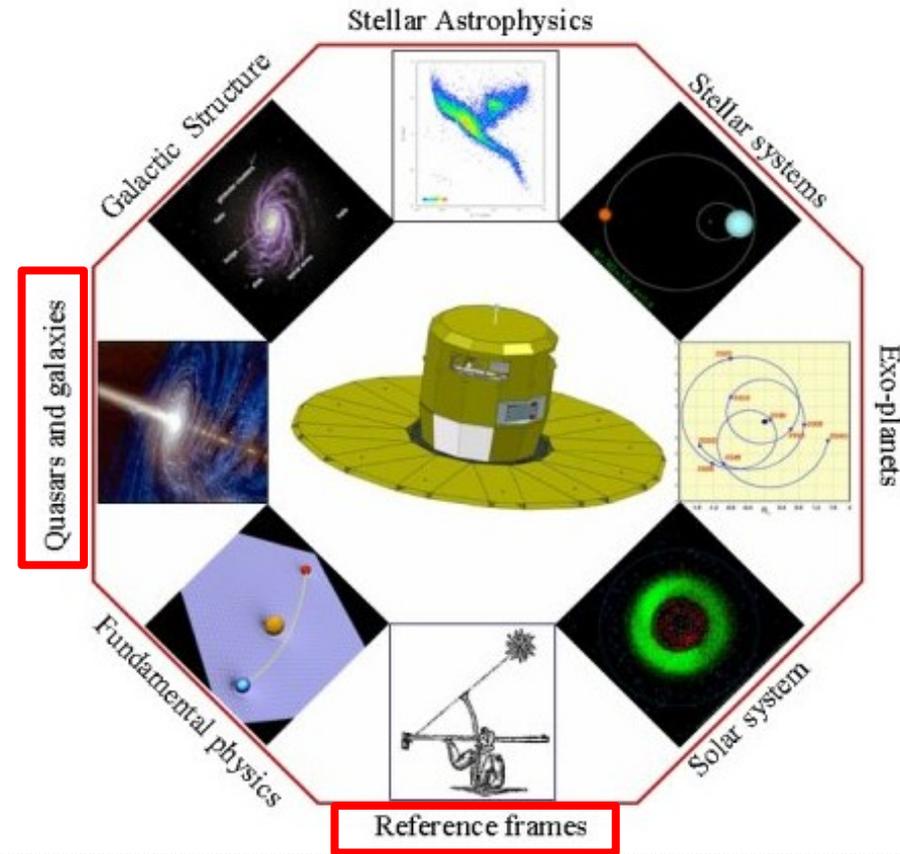
# 2. Thématiques & Participants

- Repère de référence céleste (VLBI, optique)
- Observations astrométriques de quasars
- Détermination/Compilation/Simulation de catalogues de quasars

**LAB – Bordeaux (5) :** G. Bourda,  
P. Charlot  
G. Dourneau,  
A. Krone-Martins  
C. Soubiran

**OCA – Nice (3) :** F. Mignard, J.-C. Mauduit, E. Slezak

**SYRTE – Paris (5) :** A. Andrei, S. Bouquillon, S. Lambert, J. Souchay, F. Taris



# Repère de référence céleste optique Gaia

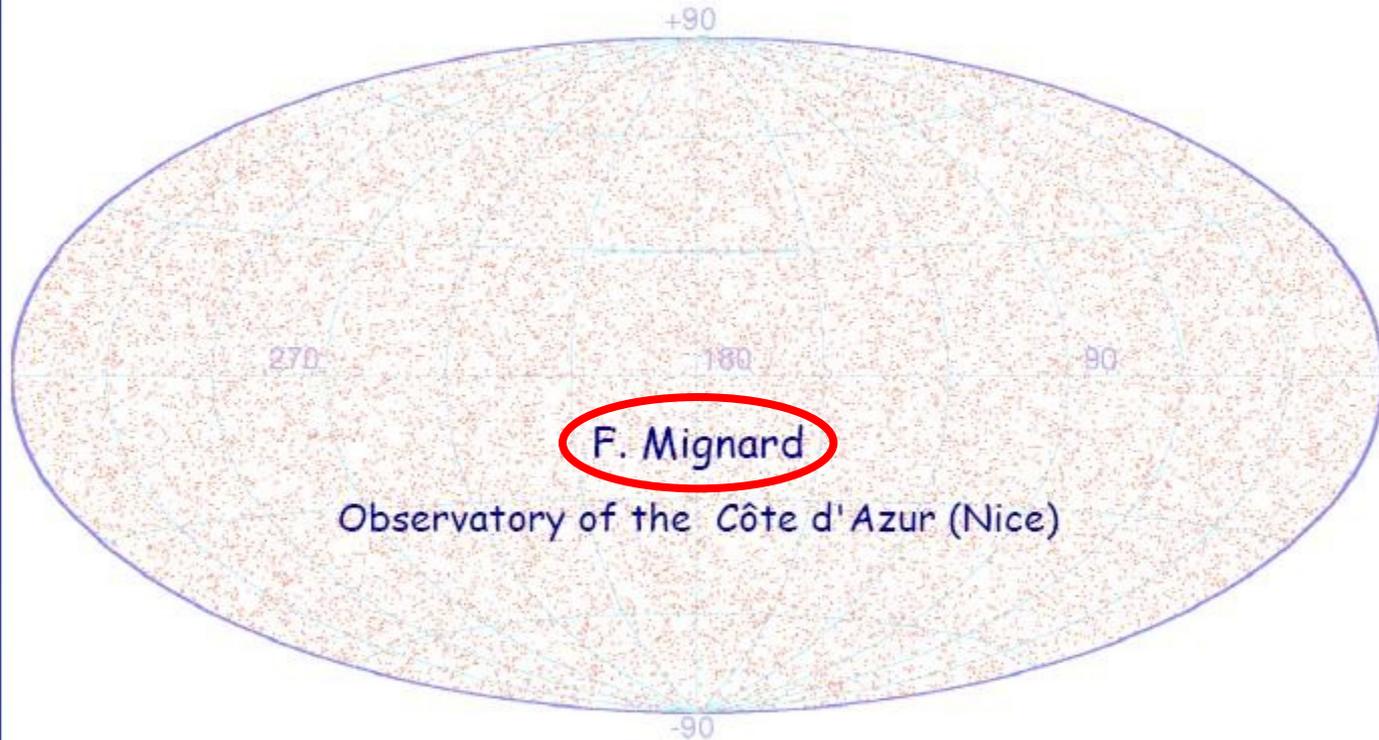
- Sa détermination **F. Mignard**
- Simulation d'un catalogue de quasars (CU2) **J.-C. Mauduit**
- Le LQAC **J. Souchay**
- Catalogue initial de quasars (CU3) **A. Andrei**



# ICRF with Gaia



Bordeaux, 24 October, 2008



F. Mignard





# ICRF with Gaia



## Détermination du repère céleste Gaia (AGIS)

Basé sur ~20 000 objets ( $V \leq 18$ )

Reconnaissance automatique des QSOs (CU8)

Précision attendue  $\sim 0.5-0.3 \mu\text{s}/\text{an}$  (pour 50 000 à 20 000 QSOs)

Bordeaux, 24 October, 2008

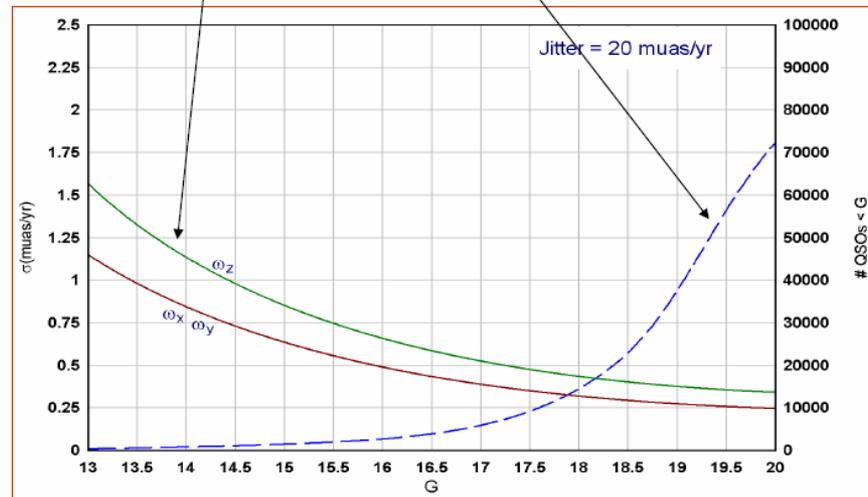
- ICRF directly in the visible
- Between 20,000 et 50,000 primary sources
- Inertiality  $< 0.3 \mu\text{s}/\text{yr}$

today

radio

212

50  $\mu\text{s}/\text{yr}$

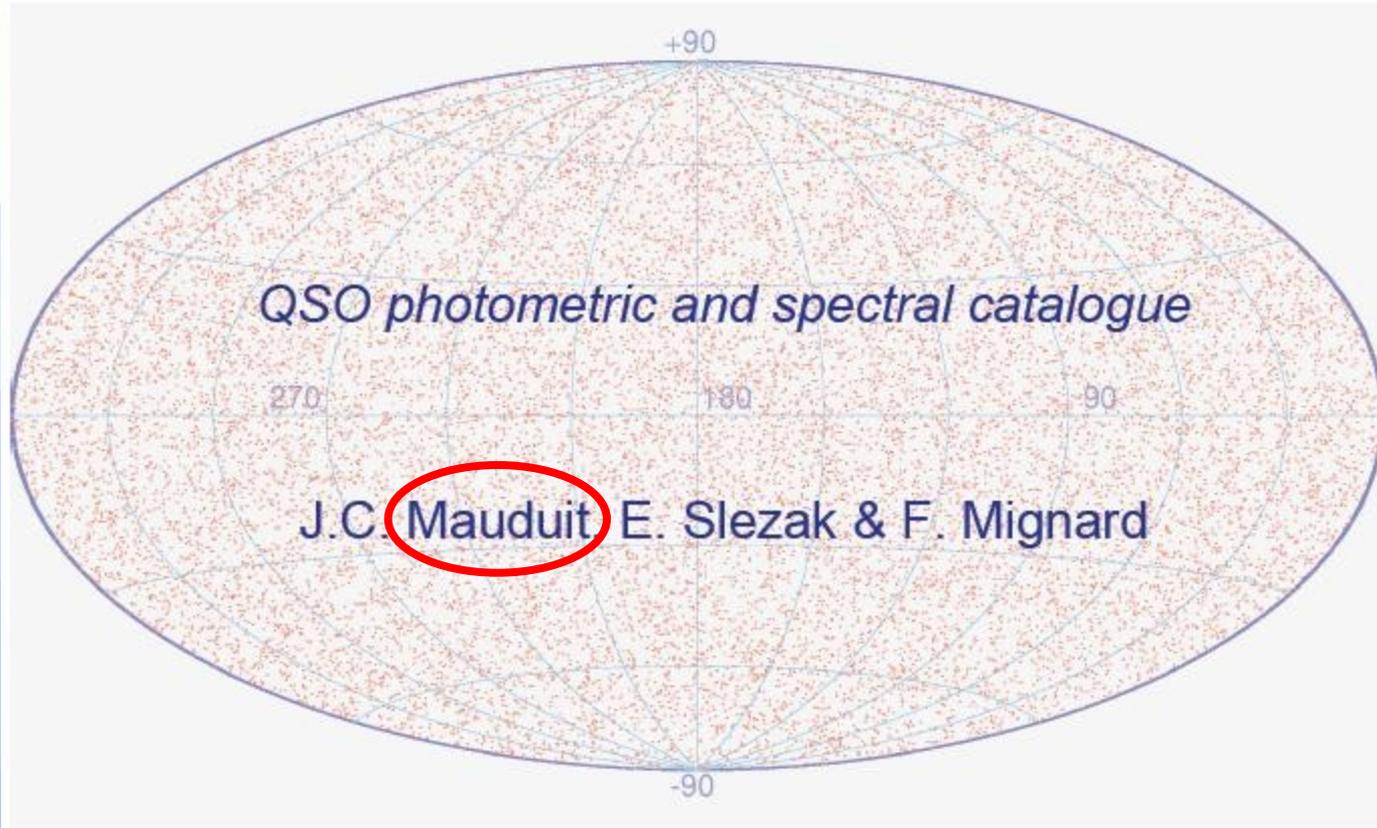




# CU2 : GAIA QSO simulation



CU2  
Obs. Bordeaux, 24 Oct. 2008



F. Mignard, E. Slezak, JC.Mauduit

OCA

Observatoire de la Côte d'Azur

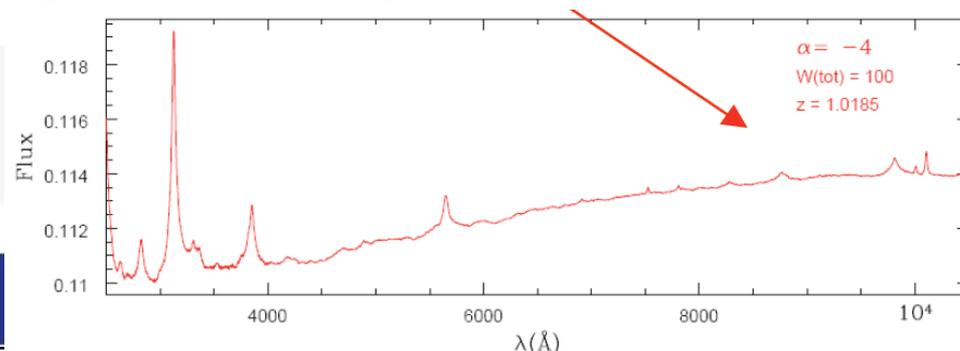


## CU2 : GAIA QSO simulation



### Un catalogue photométrique et spectroscopique

- Photométrie : magnitudes, couleurs (fonctions de luminosité et distribution en redshift)
- Spectroscopie : continu + raies d'émission + absorption
- Types d'AGN: proportions du modèle d'unification
- Variabilité : variations spectrales (jour/mois/années)
- Distribution spatiale: fonctions de corrélations par type
- Homogénéité du catalogue



CU2

Obs. Bordeaux, 24 Oct. 2008

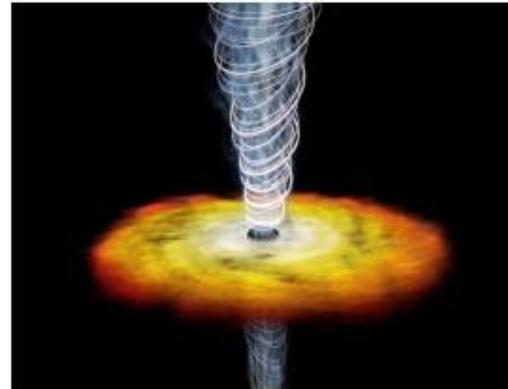
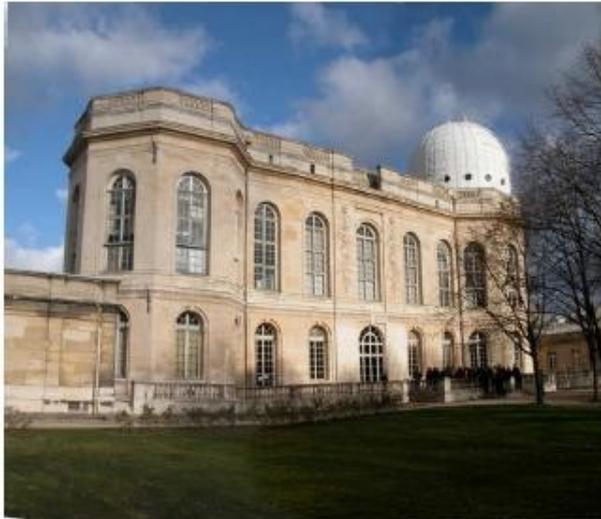


# The LQAC (Large Quasar Astrometric Catalog ): principle of compilation and related studies

J. **Souchay**, A.H.Andrei \*, C.Barache, S. Bouquillon, A.-M. Gontier, S. Lambert, C. Le Poncin Lafitte, F.Taris, E.F. Arias, D. Suchet, M.Baudin

SYRTE, Observatoire de Paris [Jean.Souchay@obspm.fr](mailto:Jean.Souchay@obspm.fr)

\* Observ. Rio de janeiro



*Journée GAIA de Bordeaux , 24 octobre 2008*

# The LQAC (Large Quasar Astrometric Catalog) : principle of compilation and related studies

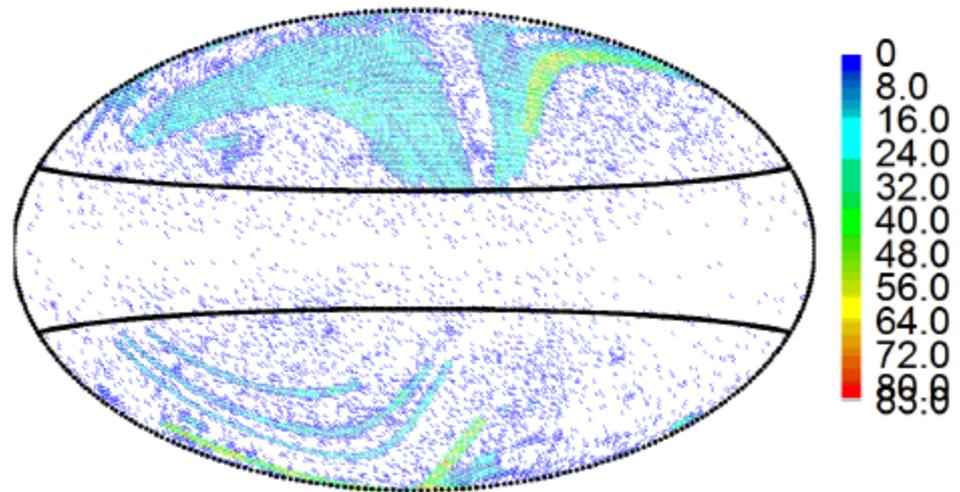
J. Souchay, A.H. Andrei \*, C. Barache, S. Bouquillon, A.-M. Gontier, S. Lambert, C. Le Poncin Lafitte, F. Taris, E.F. Arias, D. Suchet, M. Baudin

SYRTE, Observatoire de Paris [Jean.Souchay@obspm.fr](mailto:Jean.Souchay@obspm.fr)

\* Observ. Rio de Janeiro

- 113 653 quasars
- Positions  $\alpha, \delta$ , optimized
- $u, b, v, g, r, i, z$  photometry
- Redshift  $z$
- 5 radio flux
- Catalogue flag A-M
- Absolute Magnitudes

Souchay et al. 2008



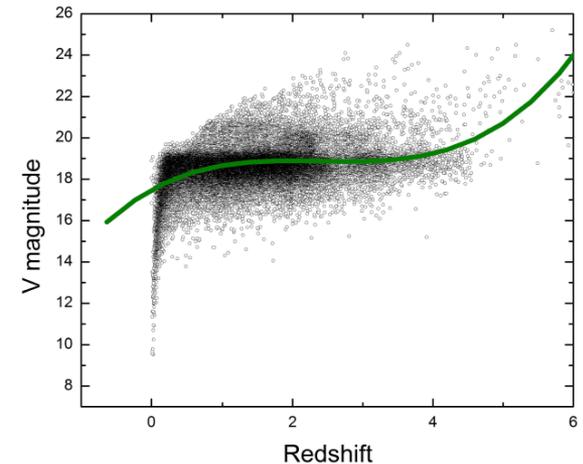
**QSO Catalogue for Gaia  
GWP-S-335-13000**

*Alexandre H. Andrei (Observatório Nacional/MCT, and associated researcher to Observatório do Valongo/UFRJ and SYRTE/Observatoire de Paris), Marcelo Assafin (Observatório do Valongo/UFRJ), Christophe Barache (SYRTE/Observatoire de Paris), Sébastien Bouquillon (SYRTE/Observatoire de Paris), Geraldine Bourda (Observatoire de Bordeaux), Júlio I. Bueno de Camargo (Observatório do Valongo/UFRJ), Jean-François Le Campion (Observatoire de Bordeaux), Patrick Charlot (Observatoire de Bordeaux), Anne-Marie Gontier (SYRTE/Observatoire de Paris), Sébastien Lambert (SYRTE/Observatoire de Paris), J.J. Pereira Osório (Observatório Astronômico da Universidade do Porto), Dario N. da Silva Neto (Observatório do Valongo/UFRJ), Jean Souchay (SYRTE/Observatoire de Paris), Roberto Vieira Martins (Observatório Nacional/MCT)*

2) Subtasks:

2.a- **To consolidate the LQAC list, the QSOs optical lists, and the QSOs radio lists, in order to avoid repetitions.**

- Détermination du catalogue initial de quasars pour Gaia
  - Obtenir un catalogue fiable
  - Compilation homogène évitant les redondances
  - Distribution de QSOs sur tout le ciel
- Destiné à la classification des observations Gaia
- Basé au départ sur le LQAC



### QSO Catalogue for Gaia – Information and Warning Flags

# Redshift

# Equatorial Coordinates

# Magnitudes

# Catalogues' reference

# Host Galaxy signature flag

# Astrometric Variability flag

# Optical to Radio centroid disagreement flag

# Observations optiques de QSOs au sol, avant le lancement de Gaia

- Projets optiques du SYRTE  
en rapport avec Gaia
- Mesures de variabilité optique  
de quasars au LAB

**S. Bouquillon**

**P. Charlot**

# Astrométrie Optique au SYRTE

Début : Jan. 2007

Personnels impliqués : J. Souchay, F. Tavis, S. Bouquillon, D. Gingras, C. Barache, A. Andrei (Ch.A)

## Nos projets

- WMAP & GAIA.
- Lien entre les variations de magnitude & le photocentre des quasars.
- Lien entre la position radio & optique des quasars
- Influence de la Galaxie hôte sur le photocentre des quasars.
- Réalisation d'un catalogue écliptique de quasars (Image CFHT, mag < 25)

## Des observations pour nos projets

- La Silla/ESO (2.2 m, camera WFI 34'x34') (Chili)
- LNA (1.6m camera 5'x5' ) (Brésil)
- CFHT (3.6 m, camera MEGACAM 1°x1°) (Hawaii)
- SUBARU (8.2m camera Suprime\_cam 30'x30') (Hawaii)
- Pic du Midi (1.m, camera 7'x7') & OHP (France)
- Belgratchik (60 cm) (Bulgarie)

## Des outils pour réduire et analyser nos observations

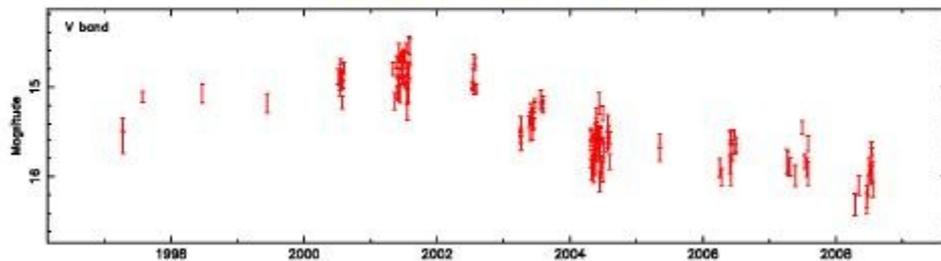
- Utilisation de la suite de Logiciels Terapix (SExtractor, Scamp, ...), IRAF, PLAIA,...
- Logiciel "maison" de réduction astrométrique & reconnaissance de forme
- Logiciel "maison" de raccordement des CCD (MEGACAM, WFI)
- Logiciels "maison" d'identification de Quasars, d'astrométrie différentielle...
- Automatisation du traitement d'image pour la réalisation de catalogue

- Observations au Méridien
  - ~50 quasars régulièrement observés
  - Pour certains, plus de 10 ans de données

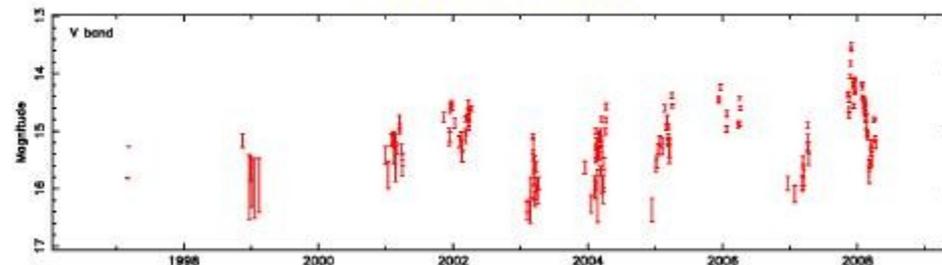
## Mesures de variabilité optique à Bordeaux

P. Charlot & J.-F. Le Campion  
Laboratoire d'Astrophysique de Bordeaux

1722+119 / 1997–2008



OJ287 / 1997–2008



# Alignement entre le repère optique Gaia et le repère extragalactique VLBI

- Réalisation pratique de cet alignement
- Observations VLBI de sources radio faibles

**F. Mignard**

**G. Bourda**

# Alignement entre le repère optique Gaia et le repère extragalactique VLBI

## ■ Réalisation pratique de cet alignement

**F. Mignard**

- Assurer la continuité du repère de référence céleste fondamental
- Repère Gaia indépendant de l'ICRF → Définir un pôle et une origine
- Alignement = Rotation du repère Gaia / ICRF (meilleures sources)  
~ Meilleur ajustement à l'ICRF
- **Précision ~80  $\mu$ as atteinte avec 100 sources /  $V < 20$**

## 2. Les sources radio pour cet alignement : G. Bourda

Collaboration Laboratoire d'Astrophysique de Bordeaux, MPIfR (Bonn, Allemagne),  
Jodrell Bank Observatory (UK)

### Etat actuel :

Juste 70 sources ICRF adéquates pour l'alignement (*Bourda, Charlot, LeCampion 2008*)

**Projet : Observations VLBI de 450 sources radio faibles** (réseaux EVN et VLBA)

Détection —————> Juin+Octobre 2007 : **90%**

Cartographie —————> Mars 2008 (...)

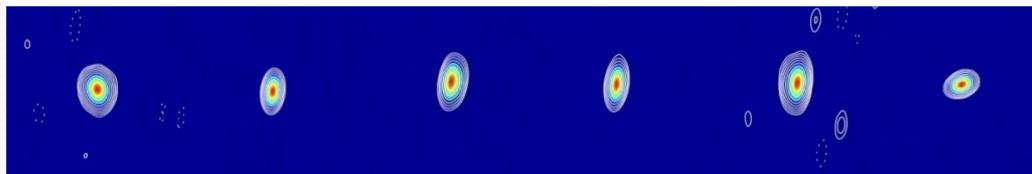
Astrométrie fine —————> Début 2010 (...)

→ **Echantillon de nouvelles sources VLBI parfaitement adéquates pour l'alignement d'ici à 2014**

*Very Long  
Baseline Array*



Etape de  
Cartographie  
VLBI



# 3. Conclusions & perspectives

## Nombreuses remarques et discussions :

Caractérisation des sources pour l'alignement à affiner

Variations optiques et radio à surveiller (magnitude, flux, position, structure)

Problème “*optical-radio core shift*” → bruit supplémentaire alignement

## Rapport rédigé :

[http://www.obs.u-bordeaux1.fr/m2a/meeting/meeting\\_gaiarsqso\\_fichiers/Report.pdf](http://www.obs.u-bordeaux1.fr/m2a/meeting/meeting_gaiarsqso_fichiers/Report.pdf)

Site web avec présentations en ligne (liens AS-Gaia, DPAC-Gaia) :

[http://www.obs.u-bordeaux1.fr/m2a/meeting/meeting\\_gaiarsqso](http://www.obs.u-bordeaux1.fr/m2a/meeting/meeting_gaiarsqso)

Proposition d'une réunion similaire à l'échelle européenne (courant 2010 ?)