

Celestial Reference Frames in the Gaia era

G. Bourda^{1, 2} & P. Charlot¹

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



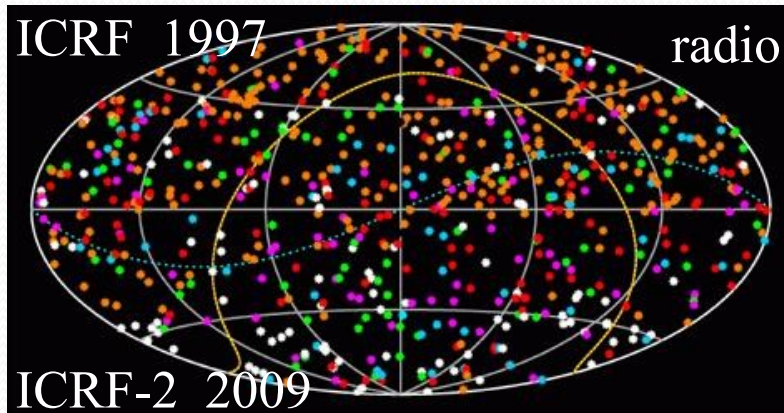
1. Contexte

- **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

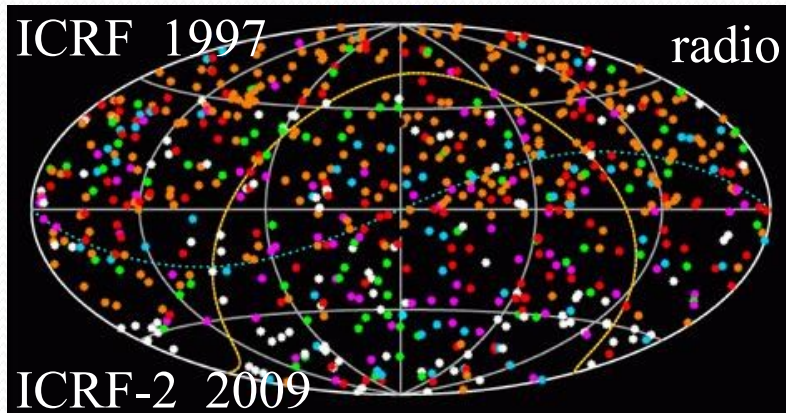
- ICRF : 717 sources extragalactiques
ICRF-2 : ~3000 sources (Août 2009)
- VLBI – Radio (@ 2 et 8 GHz)
- Précision atteignant :
ICRF : $\sigma \sim 250 \mu\text{as}$
ICRF-2 : $\sigma \sim 50 \mu\text{as}$



Perryman et al. 2001
Lindgren 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)

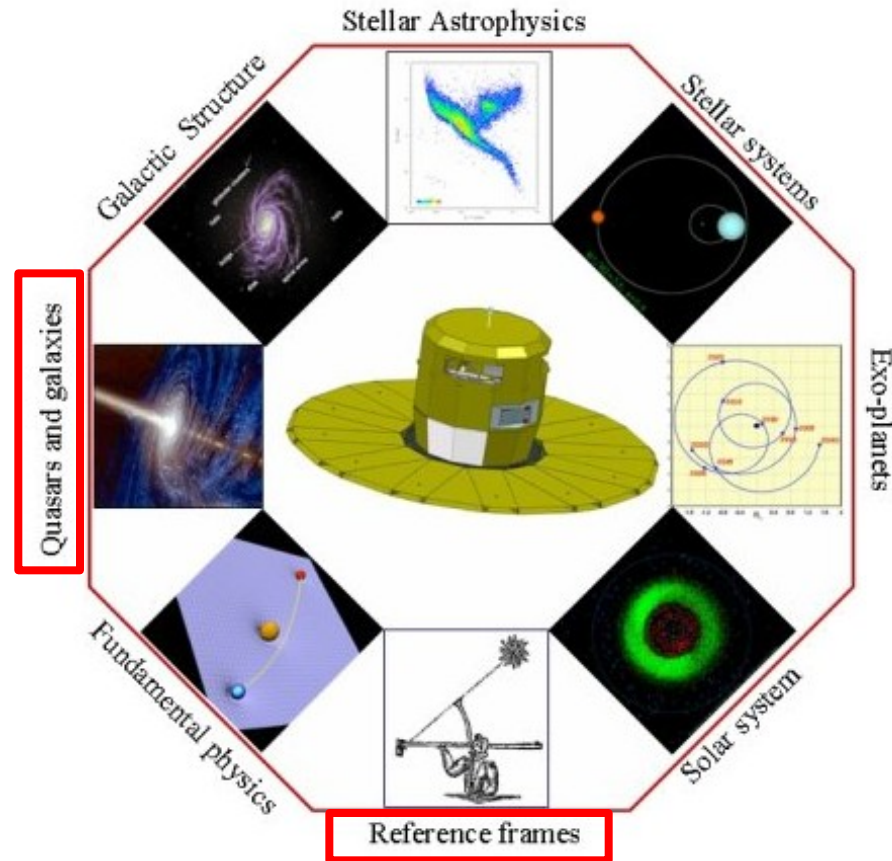
2. Thématiques & Participants

- 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

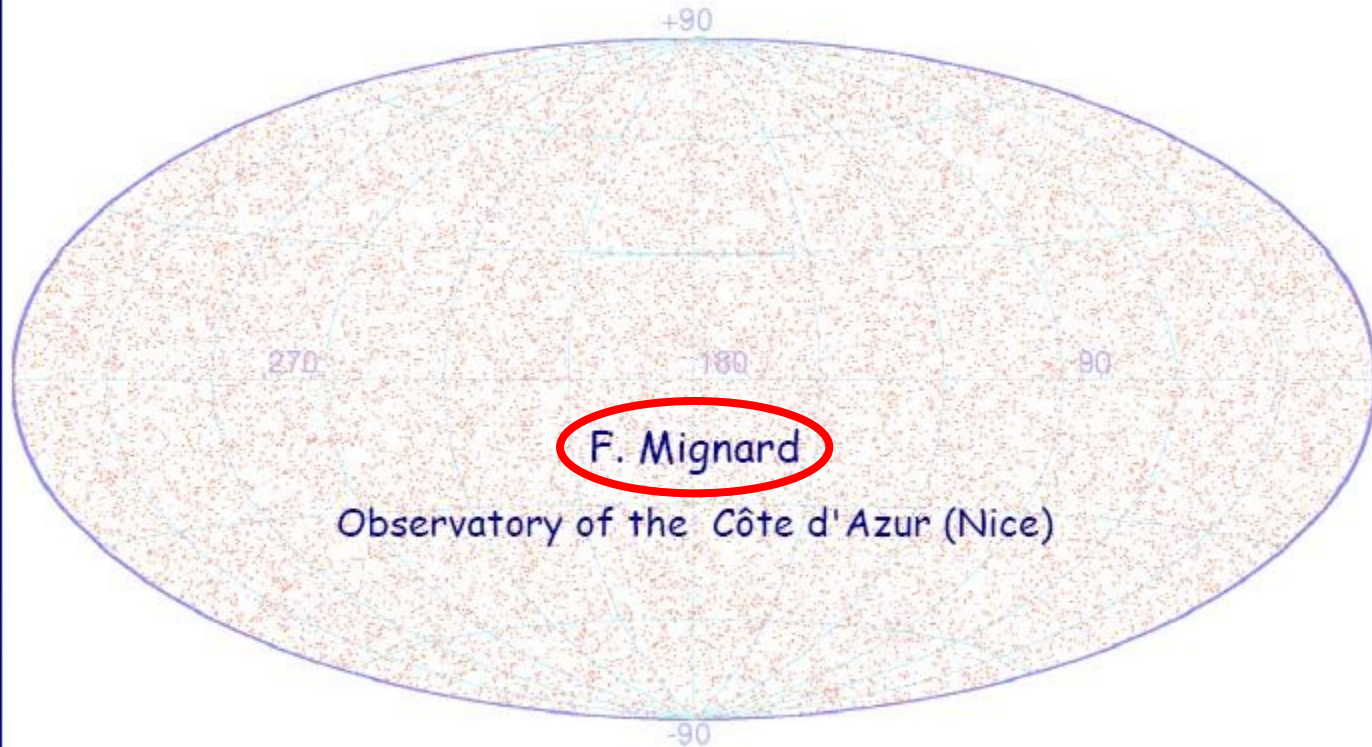
- Sa détermination **F. Mignard**
- Simulation d'un catalogue de quasars (CU2) **J.-C. Mauduit**
- Le LQAC **J. Souchay**
- Catalogue initial de quasars (CU3) **A. Andrei**



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

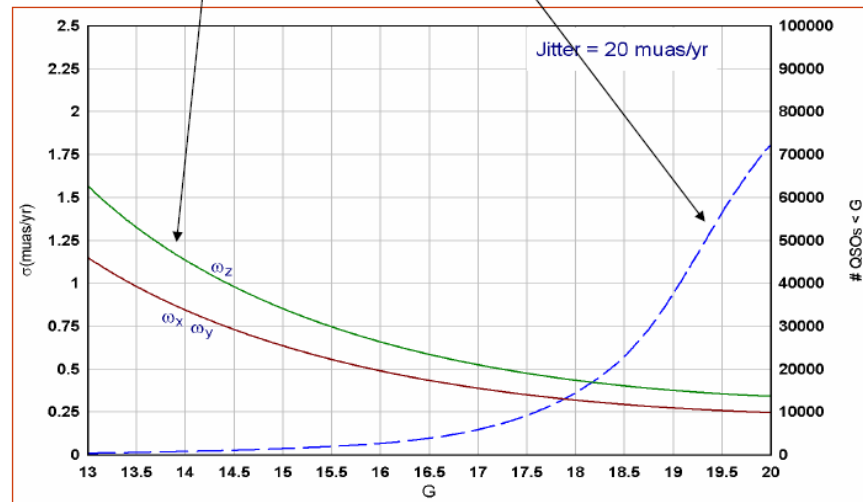
- ICRF directly in the visible
- Between 20,000 et 50,000 primary sources
- Inertiality $< 0.3 \mu\text{s}/\text{yr}$

today

radio

212

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

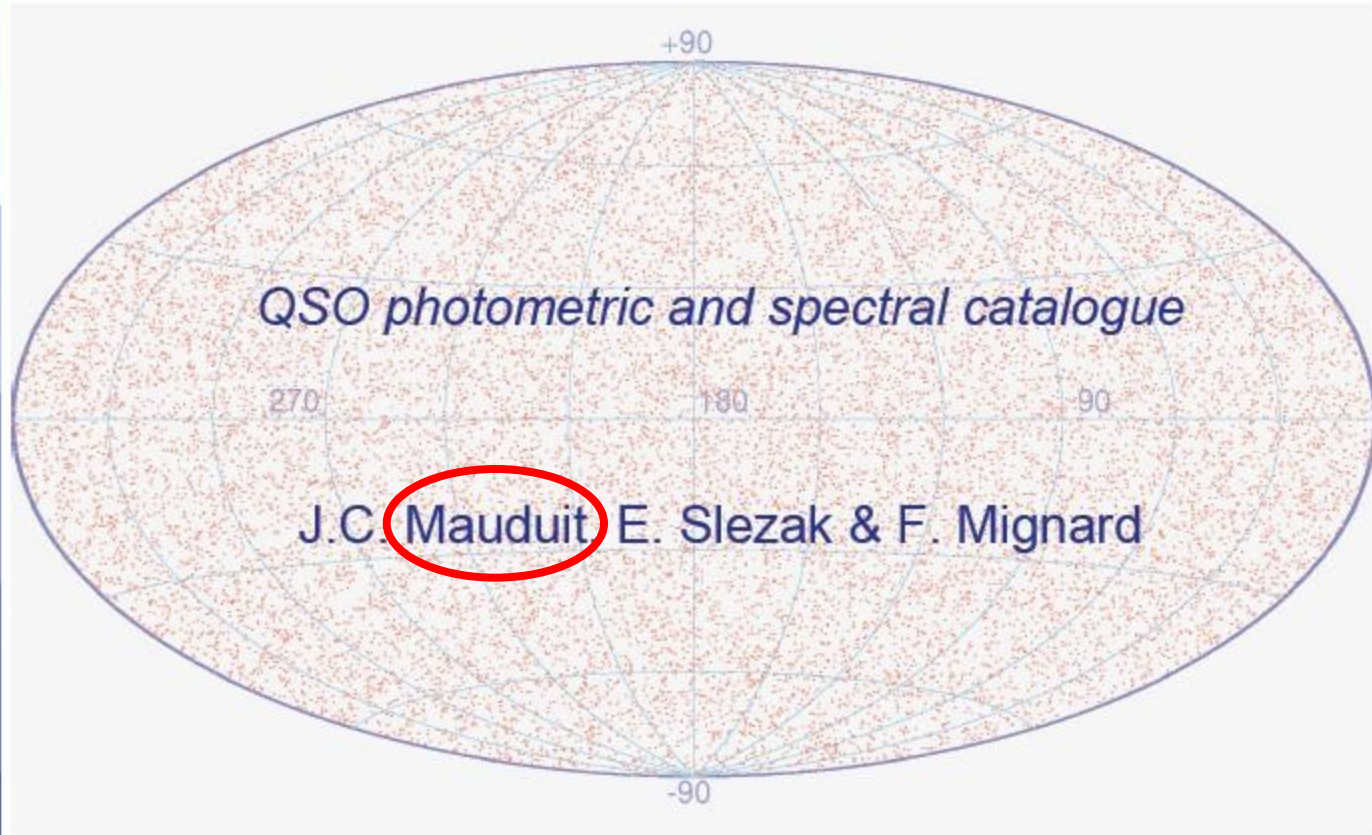




CU2 : GAIA QSO simulation



CU2
Obs. Bordeaux, 24 Oct. 2008



F. Mignard, E. Slezak, JC.Mauduit

OCA





CU2 : GAIA QSO simulation

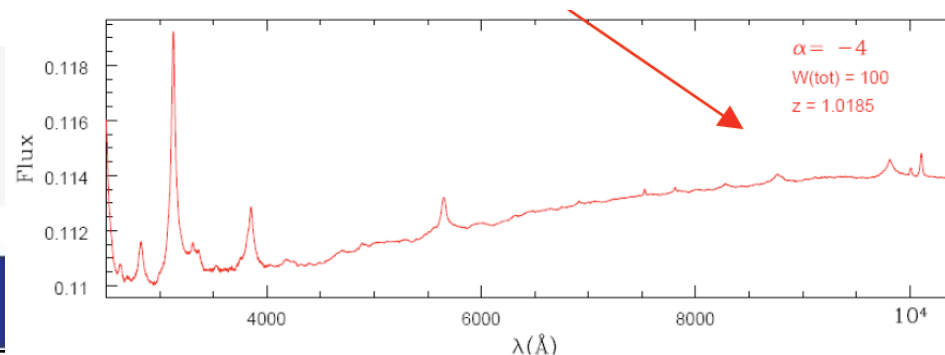


Un catalogue photométrique et spectroscopique

- 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

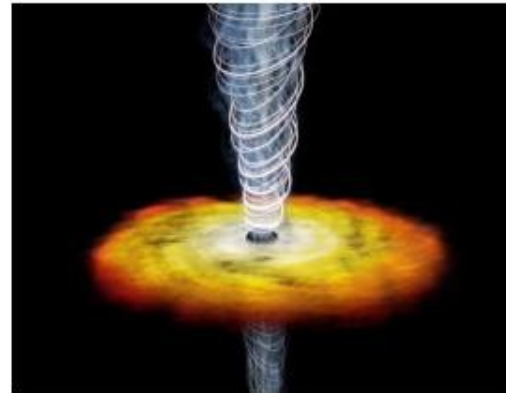


The LQAC (Large Quasar Astrometric Catalog): principle of compilation and related studies

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

* Observ. Rio de janeiro



Journée GAIA de Bordeaux , 24 octobre 2008

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

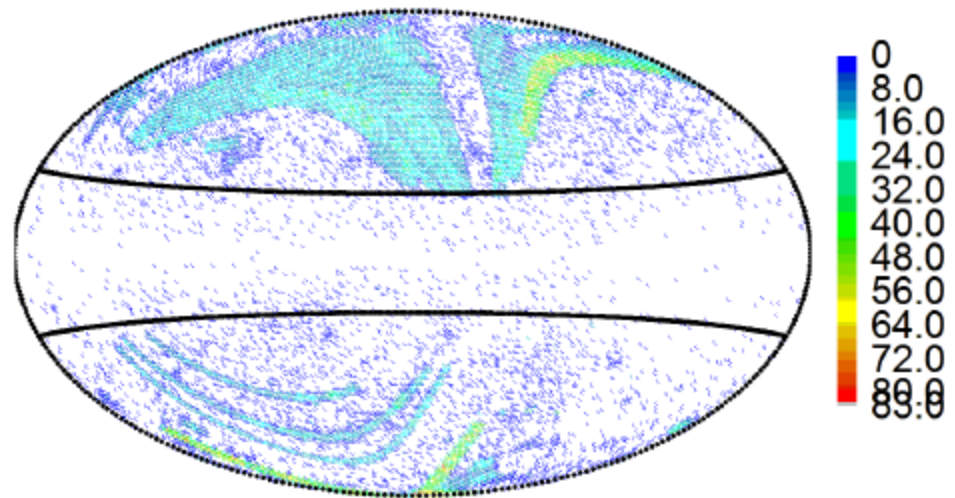
J. Souchay, A.H. Andrei *, C. Barache, S. Bouquillon, A.-M. Gontier, S. Lambert, C. Le Poncin Lafitte, F. Taris, E.F. Arias, D. Suchet, M. Baudin

SYRTE, Observatoire de Paris Jean.Souchay@obspm.fr

* Observ. Rio de Janeiro

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

Souchay et al. 2008



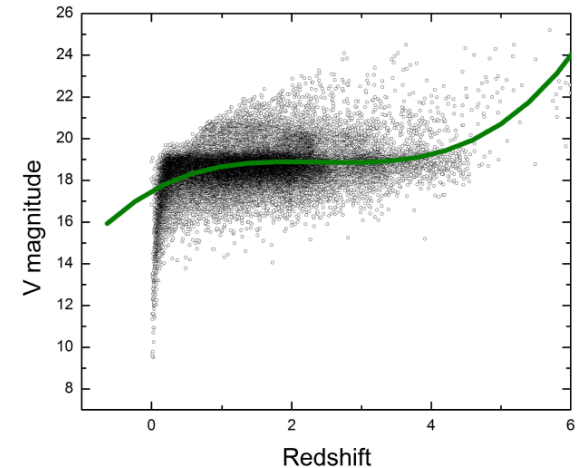
**QSO Catalogue for Gaia
GWP-S-335-13000**

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

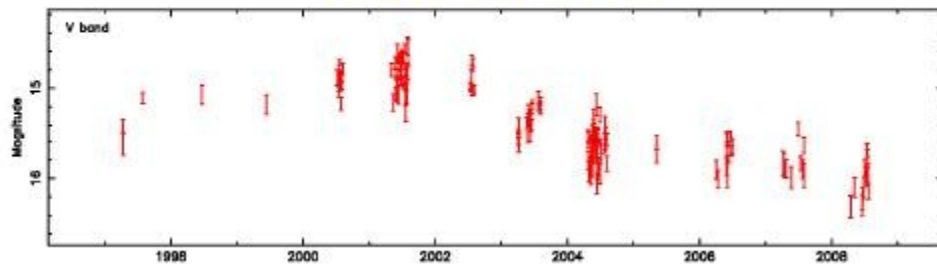
- Utilisation de la suite de Logiciels Terapix (SExtractor, Scamp, ...), IRAF, PLAIA,...
- Logiciel "maison" de réduction astrométrique & reconnaissance de forme
- Logiciel "maison" de raccordement des CCD (MEGACAM, WFI)
- Logiciels "maison" d'identification de Quasars, d'astrométrie différentielle...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

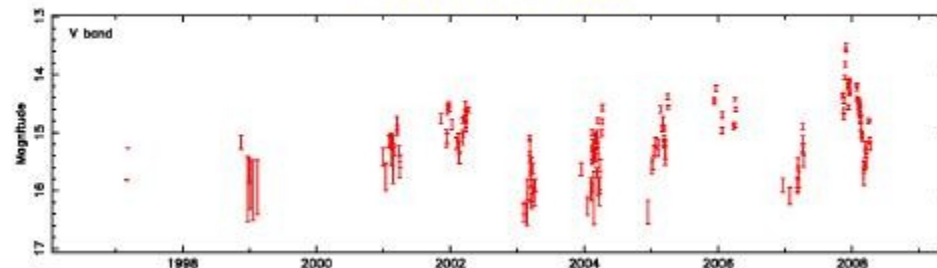
Mesures de variabilité optique à Bordeaux

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 μ 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 (...)

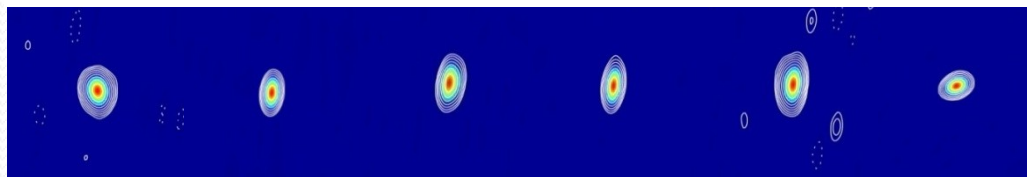
Astrométrie fine —————> Début 2010 (...)

→ **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

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

http://www.obs.u-bordeaux1.fr/m2a/meeting/meeting_gaiarsqso

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