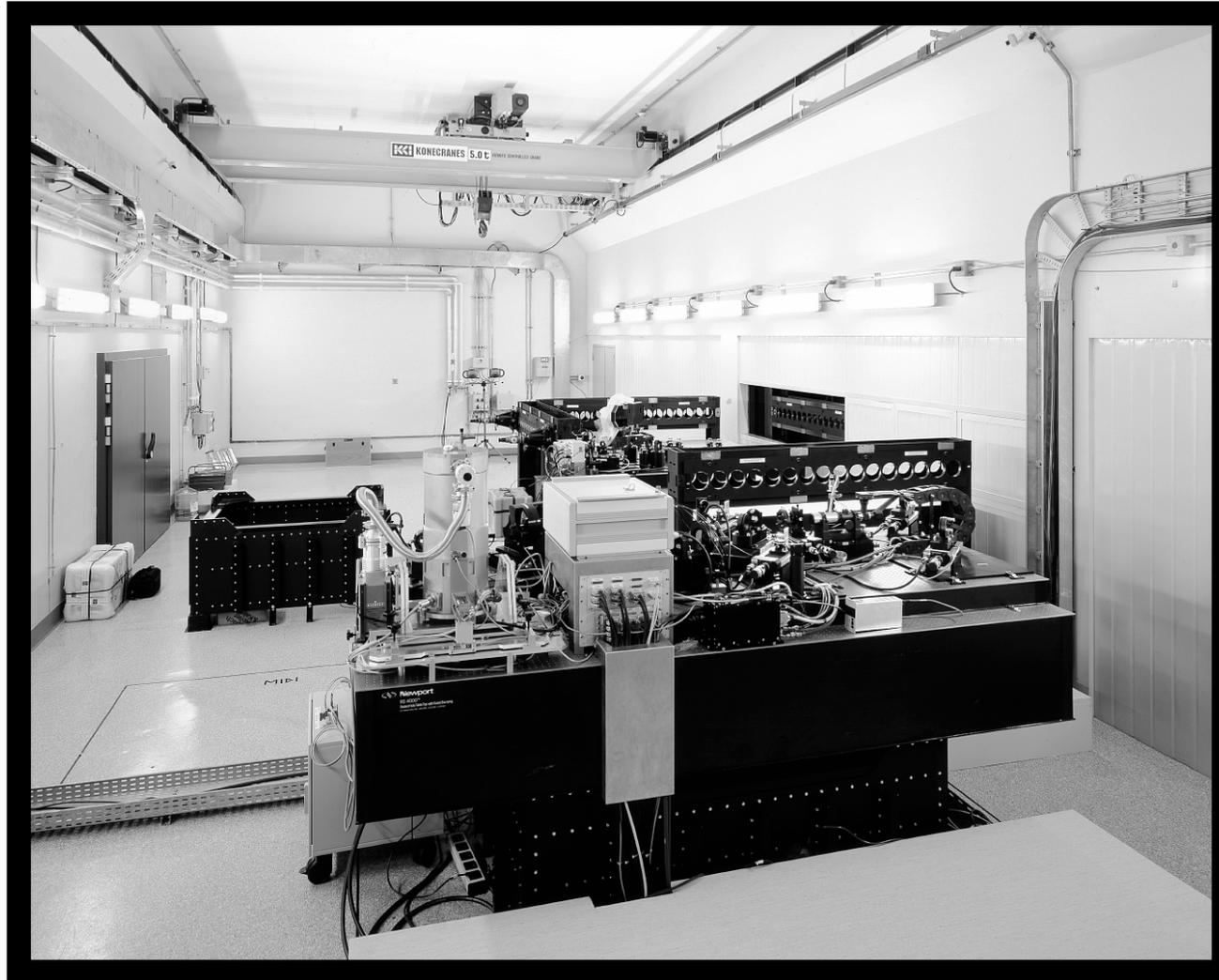


Laboratoire interférométrique



STRAP & MACAO-VLTI

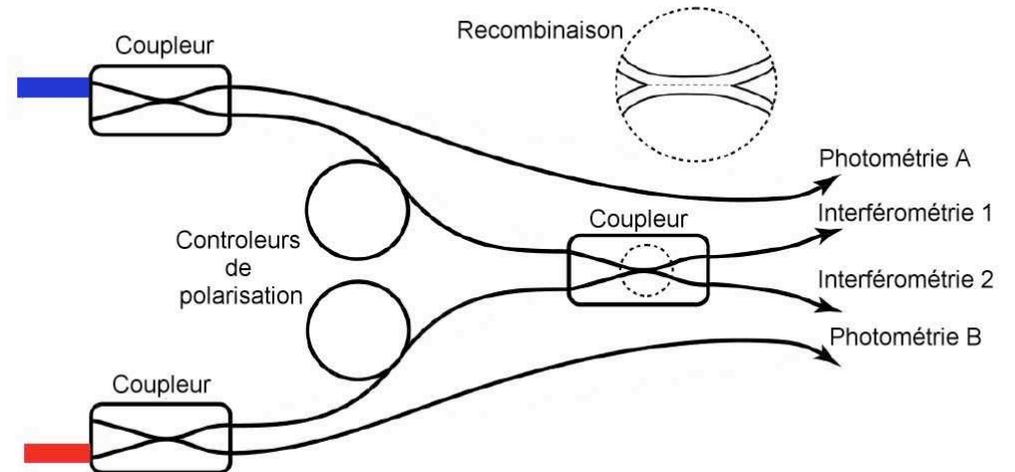
- Senseur de tip-tilt à APD (photodiodes à avalanche)
- Couplé avec M2 pour la correction
- 2 installés + 2 autres (début 2003)

- Senseur de courbure avec miroir bimorphe (diamètre 150mm)
- 60 actuateurs
- hors axe jusqu'à 1 arcmin
- 2 (début 2003) + 2 (fin 2003)



VINCI - Principe de mesure

- Instrument de test
- Lumière injectée dans 2 fibres monomodes (concept de FLUOR à IOTA)
- Coupleurs fibrés permettant la recombinaison co-axiale et le filtrage spatial
- Franges temporelles avec modulation avant l'entrée des fibres
- Présence de 2 canaux photométriques pour éliminer l'effet atmosphérique

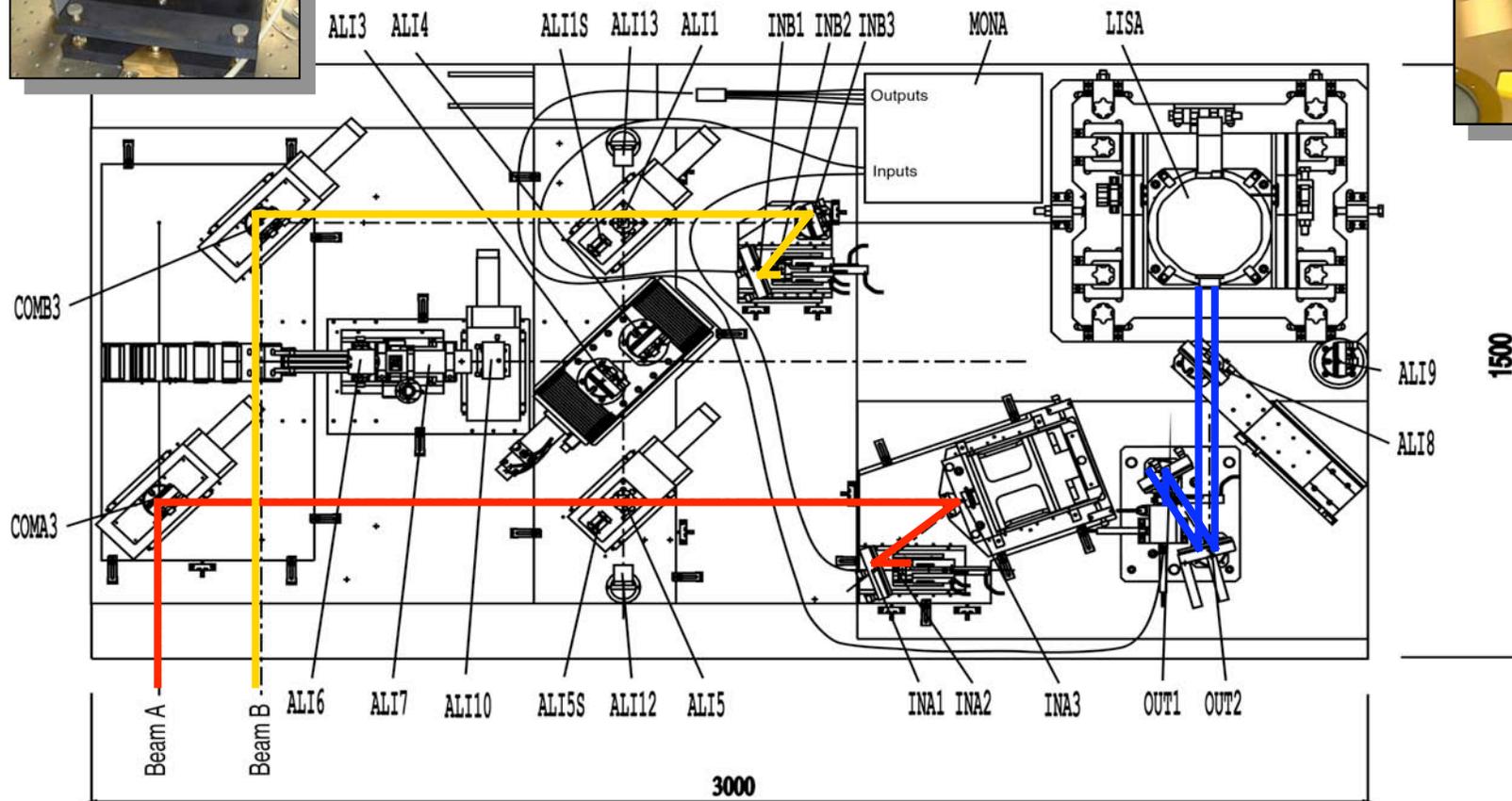


VINCI - Schéma optique



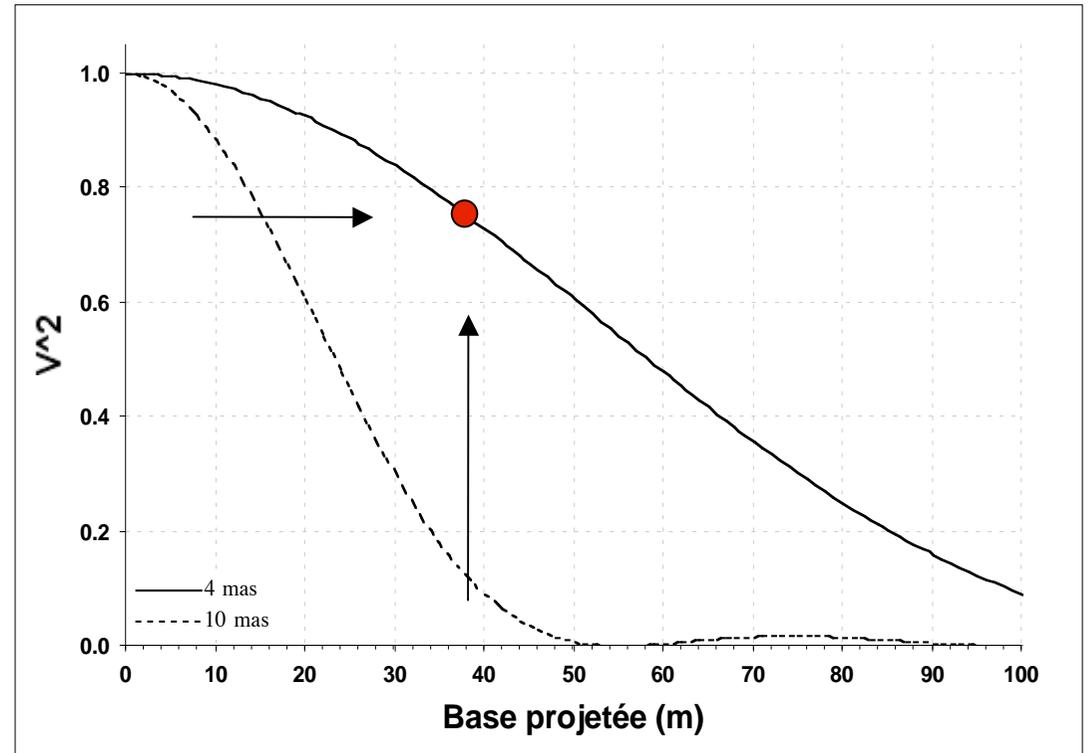
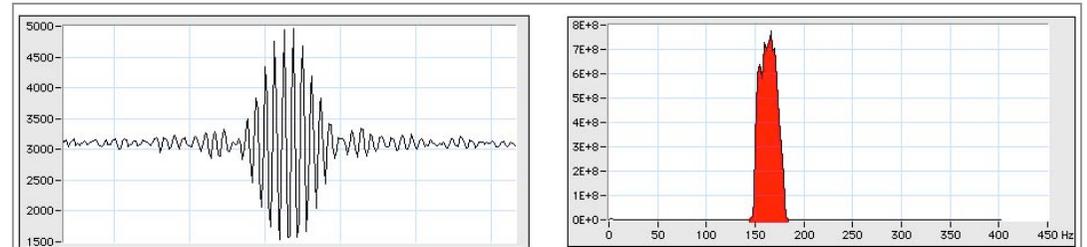
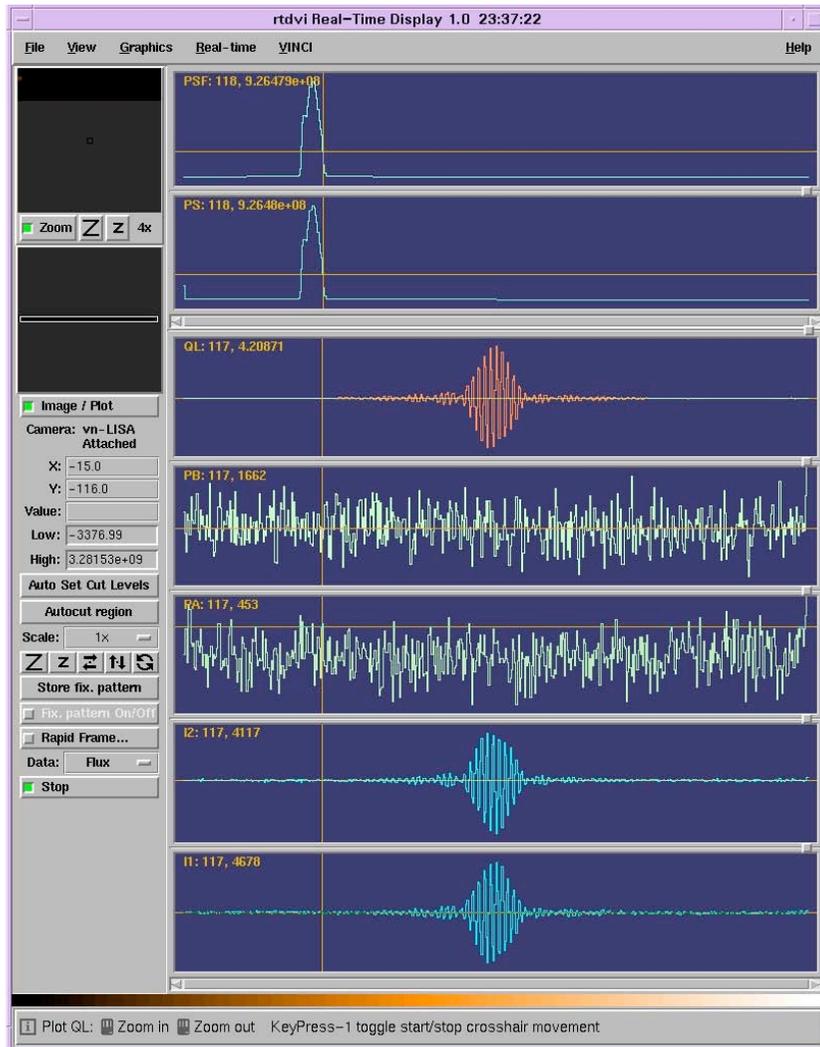
MONA

LISA



Mesure de la fonction de visibilité avec VINCI

- Spectre de puissance = spectre bande K
- La puissance intégrée (+ calibration) détermine le carré de la visibilité (V^2)



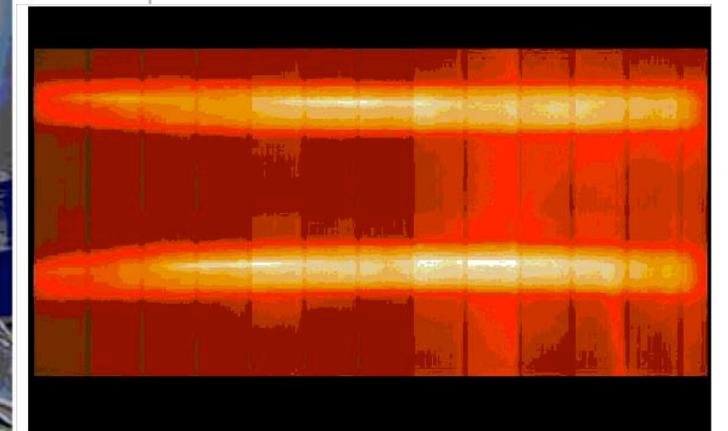
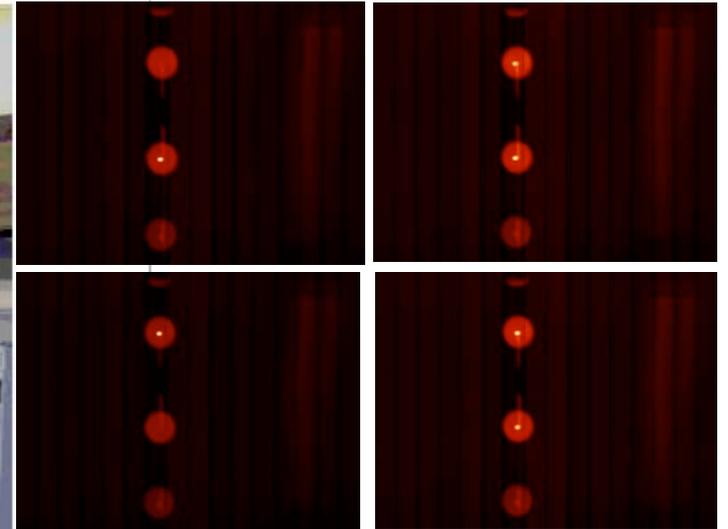
Leonardo (source artificielle)

- Référence interne
- Pour alignement, calibration et contrôle des instruments



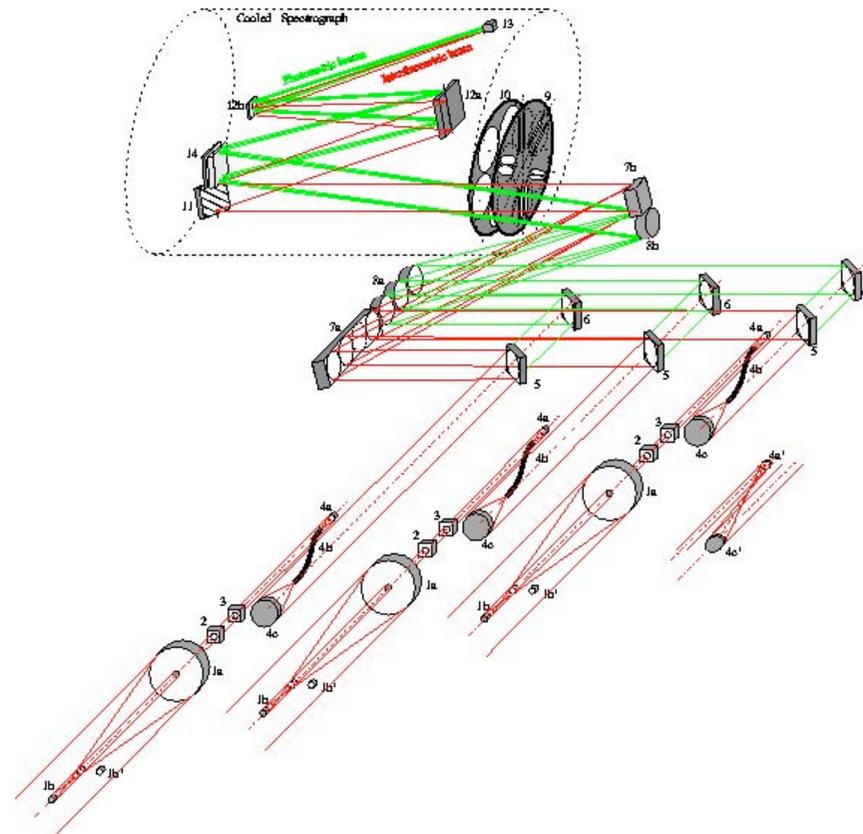
MIDI (mi-2002)

- Infra-rouge moyen (10 μm) => cryogénie
- Combinaison co-axiale, franges discrètes éventuellement dispersées



FINITO (mi-2002) & AMBER (début 2003)

- FINITO:
 - Suiveur de frange
 - Franges temporelles, modulation fibrée
- AMBER:
 - 2 ou 3 télescopes
 - bandes J, H, K + spectromètre à “haute” résolution spectrale (jusqu’à 10000)
 - recombinaison multi-axiale



PRIMA (2005)

- 3 Objectifs:
 - Observation d'objets faibles (suiveur de franges hors axe)
 - Imagerie à référence de phase
 - Astrométrie micro-seconde d'arc (but: précision de 10 micro-arcsec)
- Système réparti tout au long du VLTI:
 - Séparateur d'étoiles (foyer Coudé)
 - Lignes à retard différentielles
 - Suiveurs de franges haute résolution ($\lambda/1000$) et bande passante (4 kHz)
 - Métrologie laser incrémentale couvrant tout le chemin optique en double passage (500m) avec une précision de 1nm
 - Système de contrôle très complexe
- Champ total: 2 arcmin; 2 étoiles (chacune avec champ 2 arcsec)
- Grande sensibilité:
 - $M_K = 13$ (étoile guide, UT avec optique adaptative)
 - $M_K = 20$ (étoile faible en astrométrie, UT avec optique adaptative)

Seconde génération

- *Nulling Interferometer* à 10 μm (GENIE) en préparation à des missions comme DARWIN (ESA)
- Interférométrie avec champ (e.g. *homothetic mapping*)
- Clôture de phase avec plus de 3 télescopes
- Interférométrie dans le visible => optique adaptative
- Coronographie
- Polarimétrie

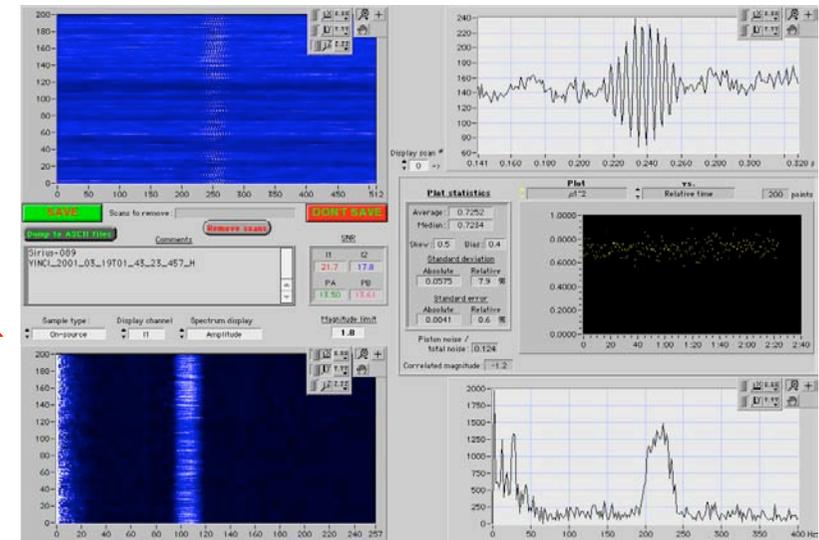
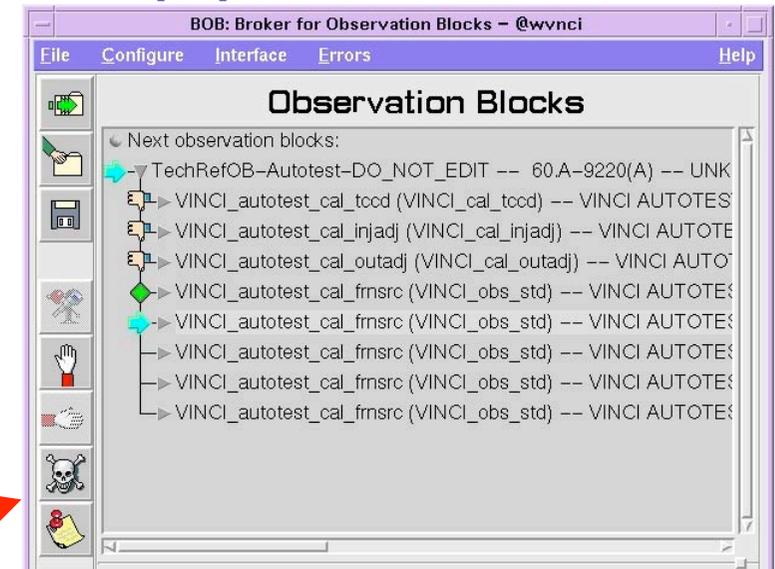
Systeme de controle

- Controle à distance intégral
- 1 seul operateur pour piloter tout le systeme
- Basé sur VxWorks et sur l'ensemble de programmes développés pour le VLT => maintenance facile
- But: efficacité et rendement maximum + controle de qualite

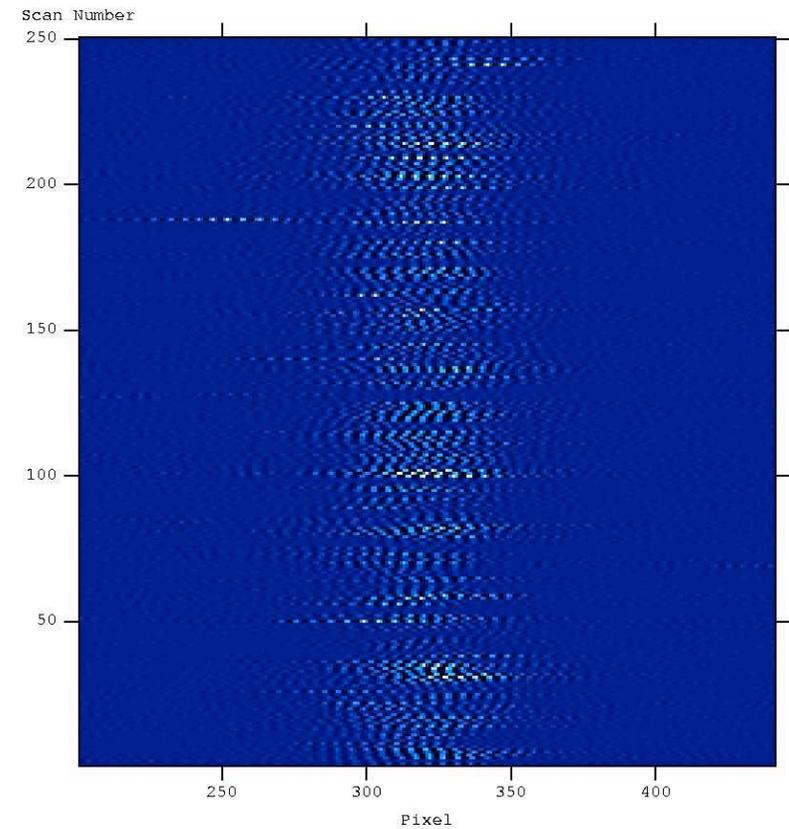
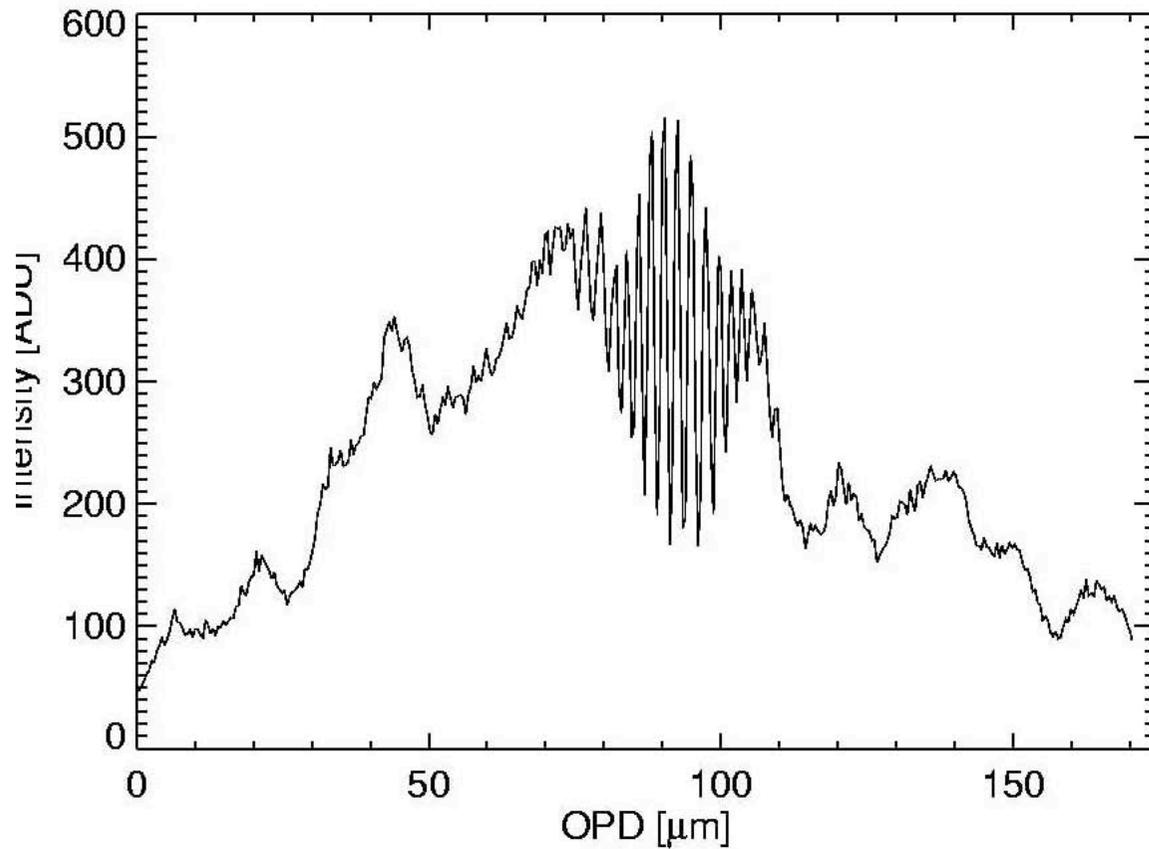


Préparation des observations / pipeline

- Préparation des observations est très complexe:
 - choix de l'objet (magnitude corrélée), ligne de base, moment d'observation, temps d'intégration, ...
 - rotation de la Terre, espace de Fourier
 - nombreux modes d'utilisation
 - calibration !!!
- => VLT Simulator + liste de calibrateurs
- *Service Observing* principalement avec *Observation Blocks*
- Exploitation des données également complexe:
 - contrôle de qualité, stabilité de l'instrument
 - exploitation des données annexes (seeing,...)
 - observations réparties sur une très longue période
 - archivage extrêmement important et très lourd
 - pré-traitement des données (=> visibilité) en ligne
 - exploitation des données => collaborations internationales (JMMC, NEVEC ...)

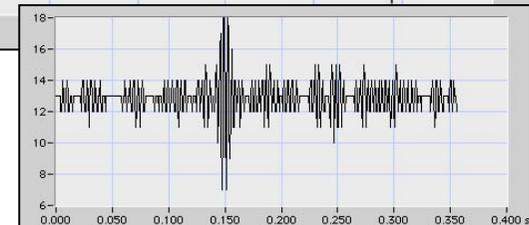
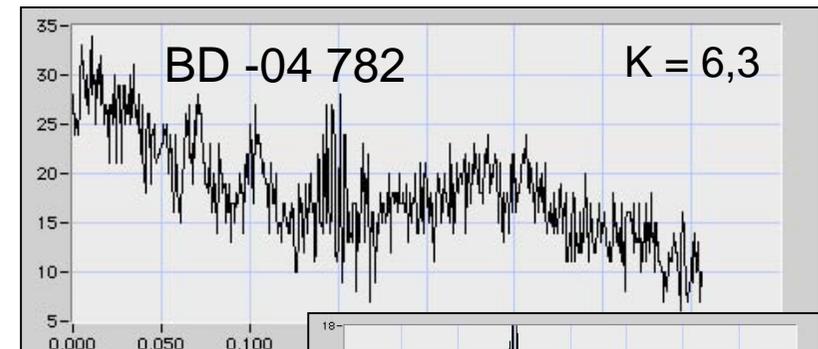
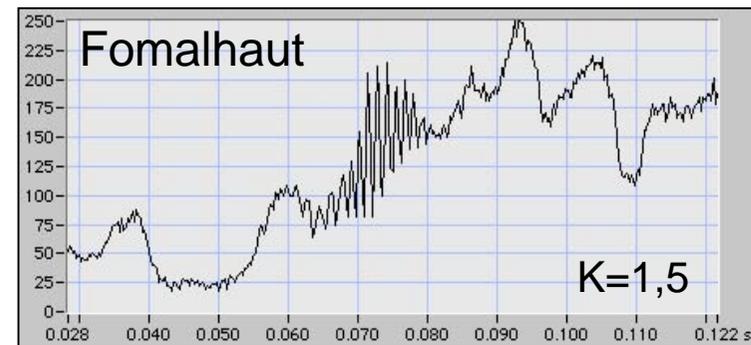
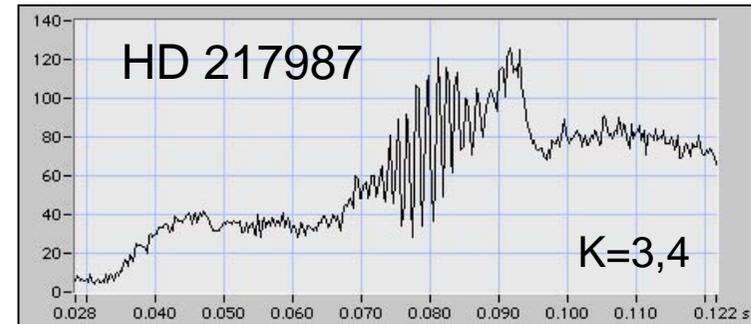
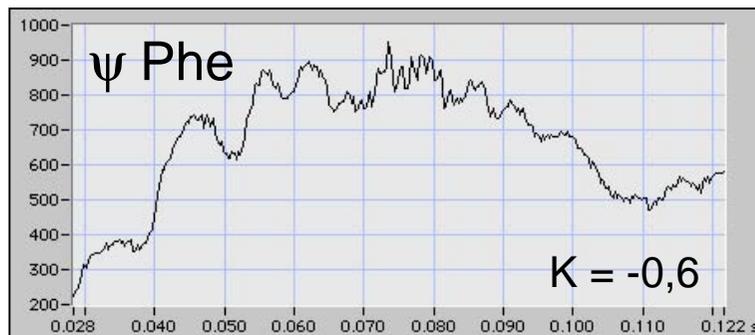
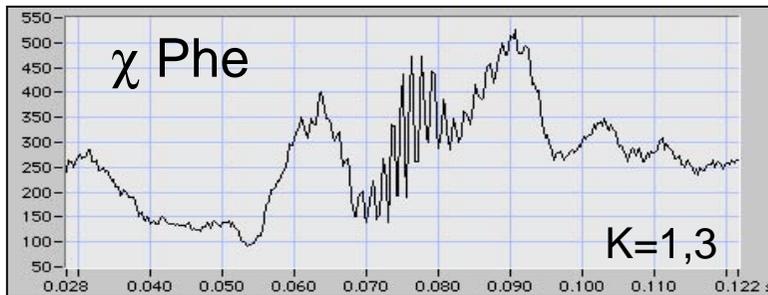
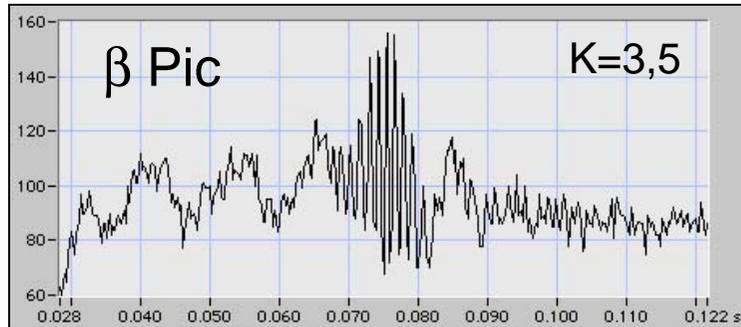


Premières franges avec les UTs



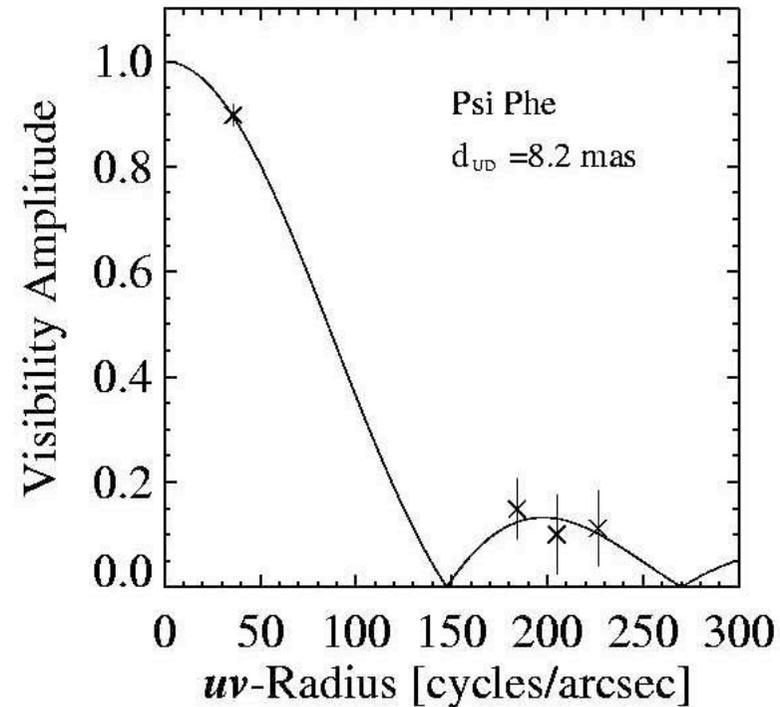
Achernard, le 30 Octobre 2001, à 1:00 am

Portrait de famille



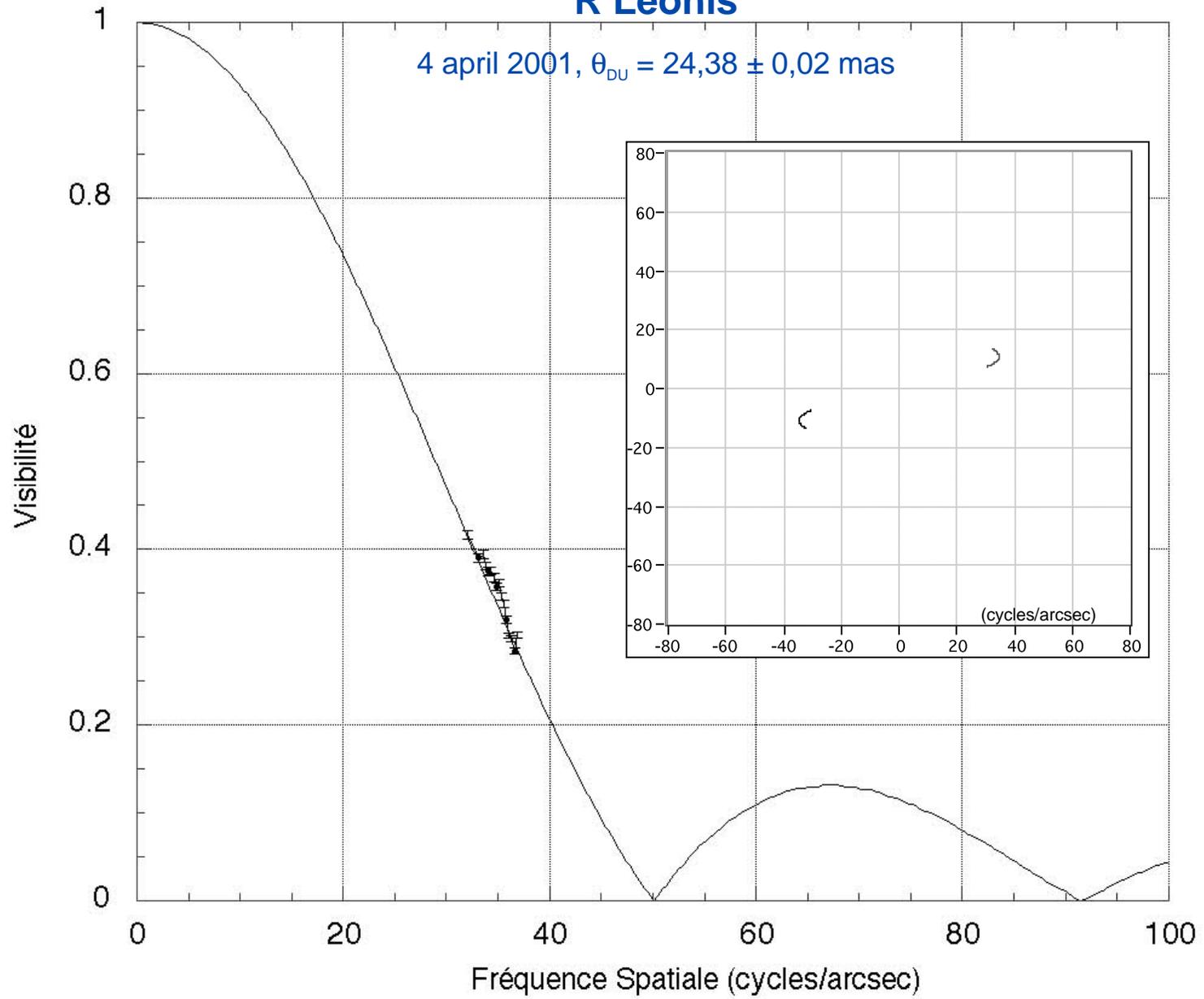
Diamètre d'une géante rouge

- Psi Phoenicis observée avec
 - sidérostats (base 16m),
 - UT1 and UT3 (base 102.5m)
- Différentes bases projetées
=> différentes fréquences spatiales
- Résultat préliminaire
diamètre = 8.21 marcsec

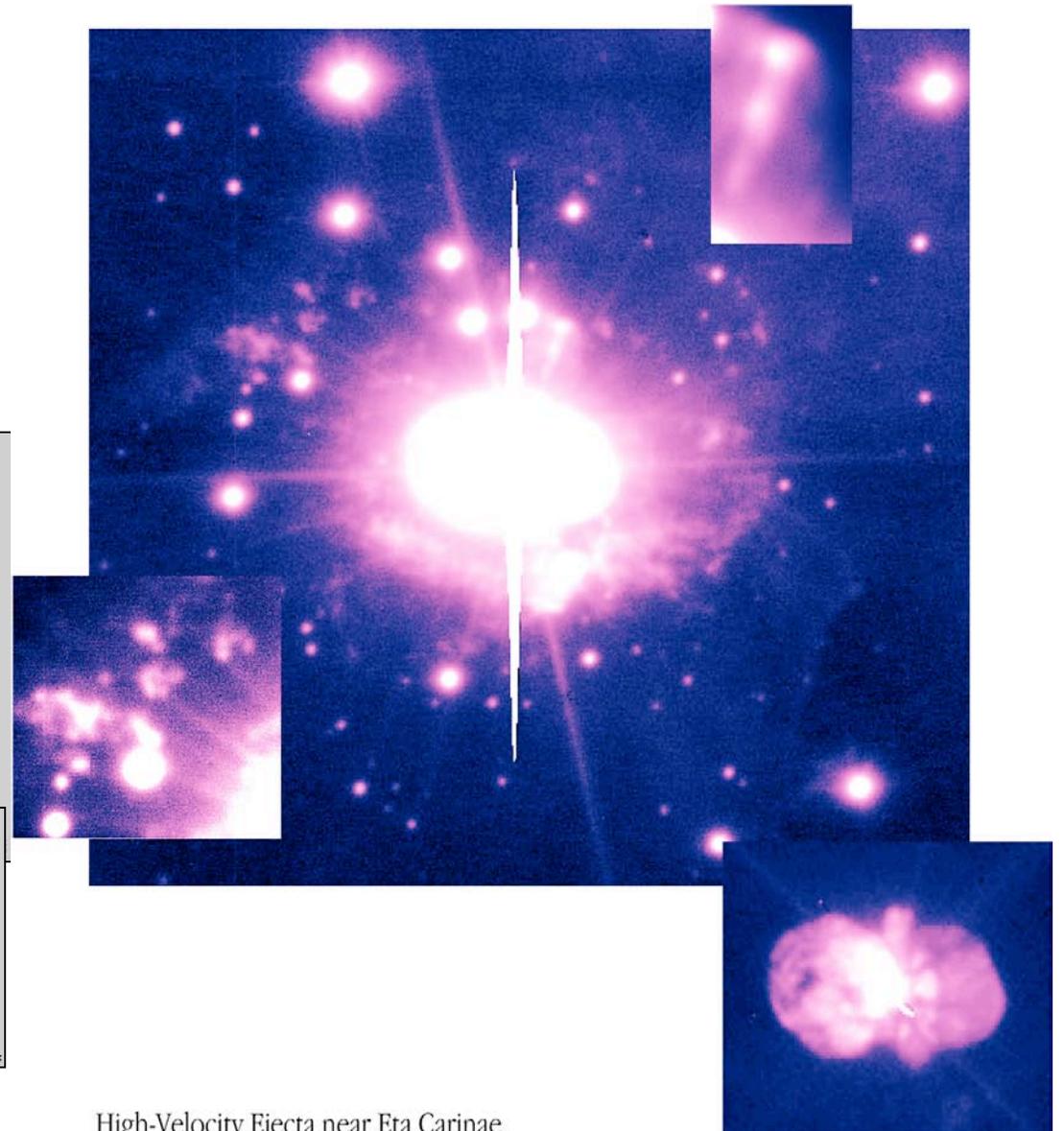
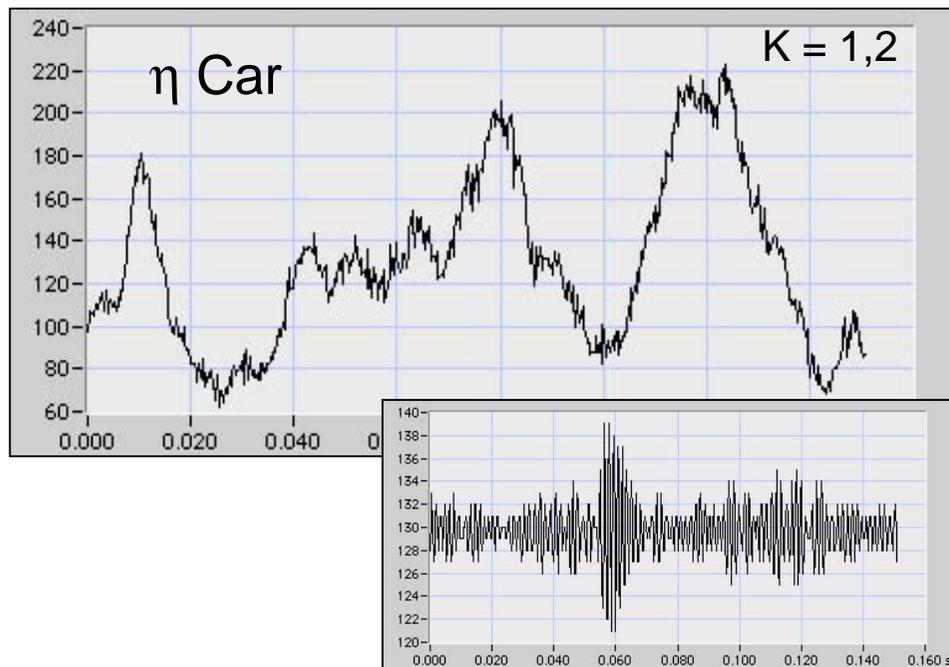


R Leonis

4 april 2001, $\theta_{DU} = 24,38 \pm 0,02$ mas



Eta Carinae



High-Velocity Ejecta near Eta Carinae

Résultats des premières franges

- Diamètres de naines rouges (~ 1 mas)
- Etoiles avec disques dont Beta Pictoris (non résolue)
- Céphéides
- Eta Carina
- Géante Rouge

- Précision: ± 0.02 mas à 0.06 mas
- Gamme de mesure: de < 1 mas à 8 mas
- Magnitude limite: 6.3 (améliorable)
- Franges trouvées à ± 400 μm en moins de 5 min pointage compris
- Stabilité de la fonction de transfert: $\pm 2\%$
- 5 nuits d'observation, seeing moyen à mauvais

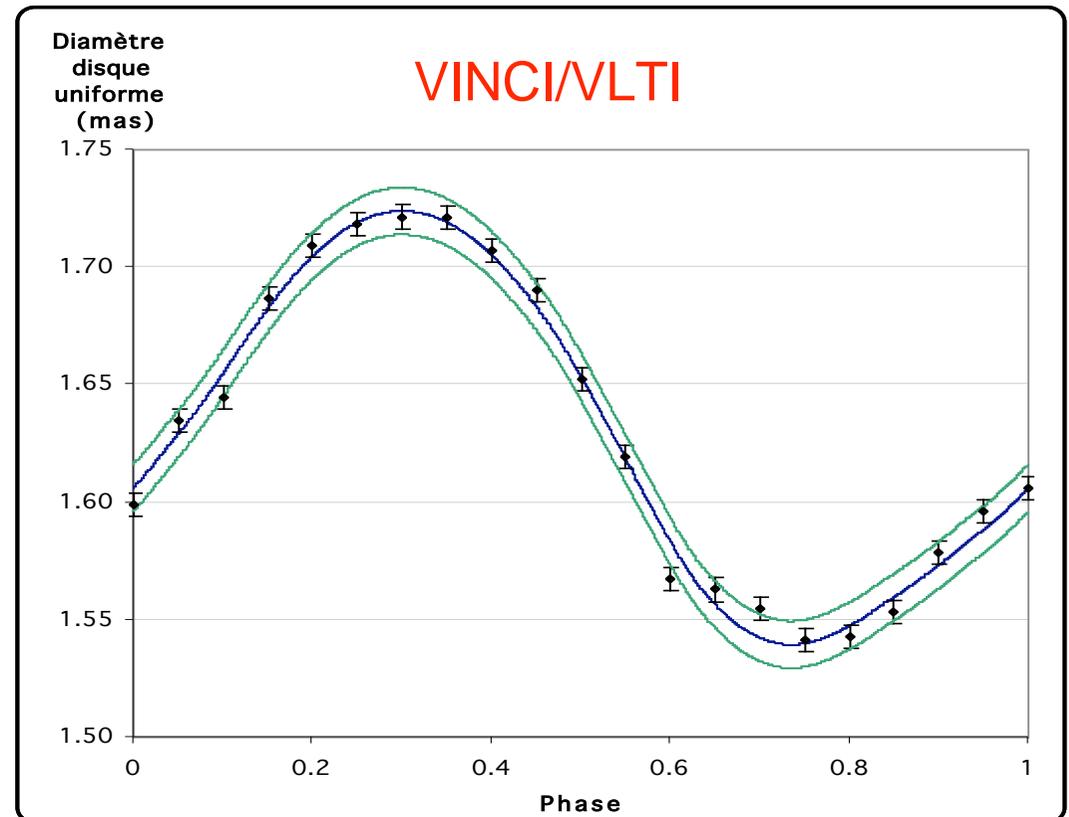
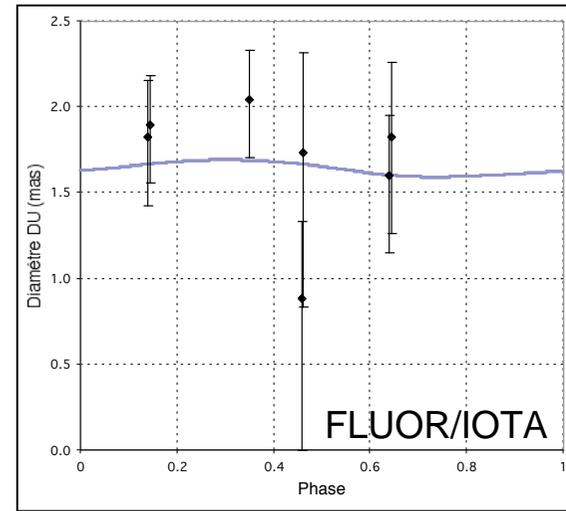
Objectifs scientifiques

- Mesures de visibilités simples (VINCI):
 - mesure de **diamètres stellaires** => masse, variations (Céphéides...), H-R...
 - détection de structures (assombrissement, taches, éruptions, aplatissement...)
 - mesure de la taille de nébuleuses et enveloppes de novae
 - études **d'étoiles doubles**
 - mesure de la taille de **noyaux galactiques actifs**
- Spectroscopie (MIDI, AMBER + éventuellement PRIMA):
 - études de **structures stellaires**
 - *hot Jupiters* (masse, température)
- Imagerie (AMBER, MIDI, VINCI + PRIMA):
 - structure des **disques d'accrétion** stellaires, coques d'explosion de novae
 - noyaux galactiques, quasars, galaxies radio
- Astrométrie (PRIMA)
 - détection et caractérisation de **planètes extrasolaires**
 - **micro-lentilles gravitationnelles**
 - mesures de **distances** (parallaxe)
 - dynamique du **centre galactique** et des amas globulaires

+ Serendipity !!

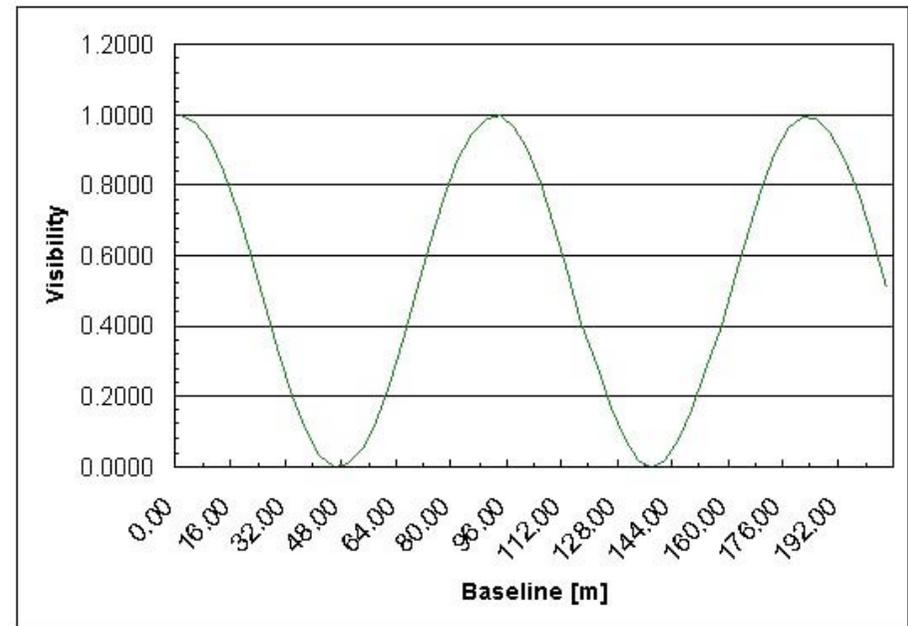
Céphéïdes

- Etoiles de référence pour les mesures de distances extragalactiques locales (Petit et Grand Nuage de Magellan)
- **Influe sur la constante de Hubble**
- La précision de la calibration absolue de la relation $\text{période} = F(\text{luminosité})$ est essentielle
- => nécessite des mesures de distances et / ou de **taille => VLT**



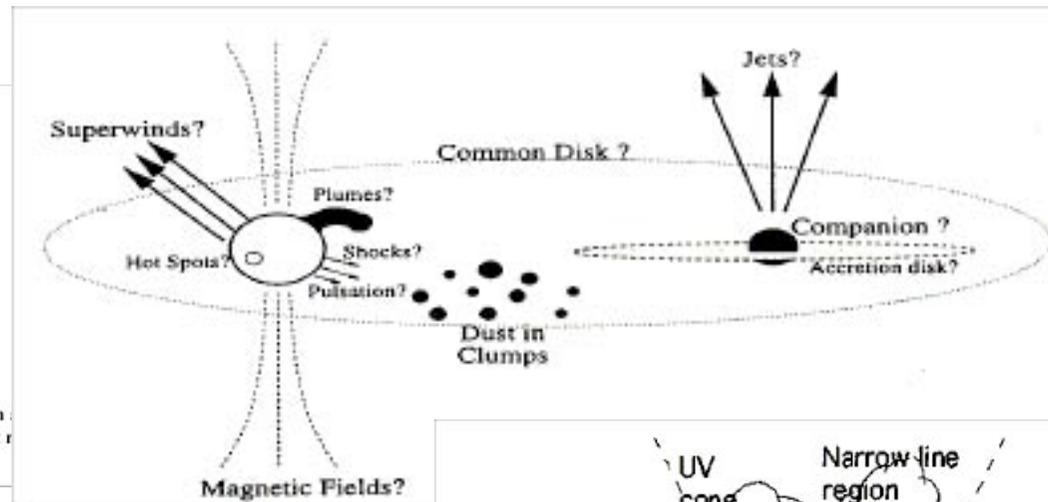
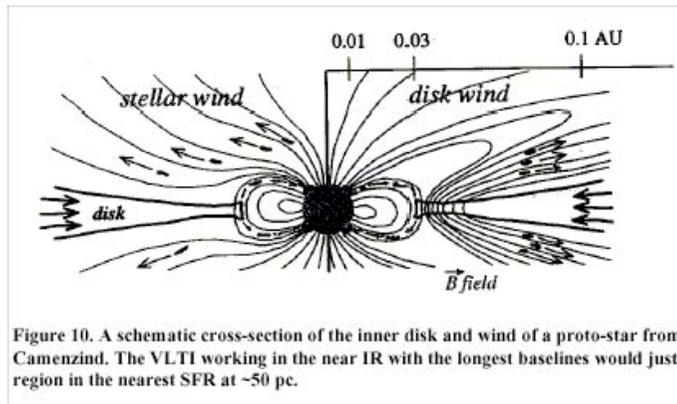
Binaires

- Combinée à la spectroscopie et autres méthodes classiques, l'interférométrie apportera:
 - les masses de chacun des composants
 - le rayon absolu de l'orbite => la distance
 - l'inclinaison du plan de l'orbite
- => fréquence des binaires
- => calibration des lois masse-luminosité
- => confirmation / infirmation de modèles de formation



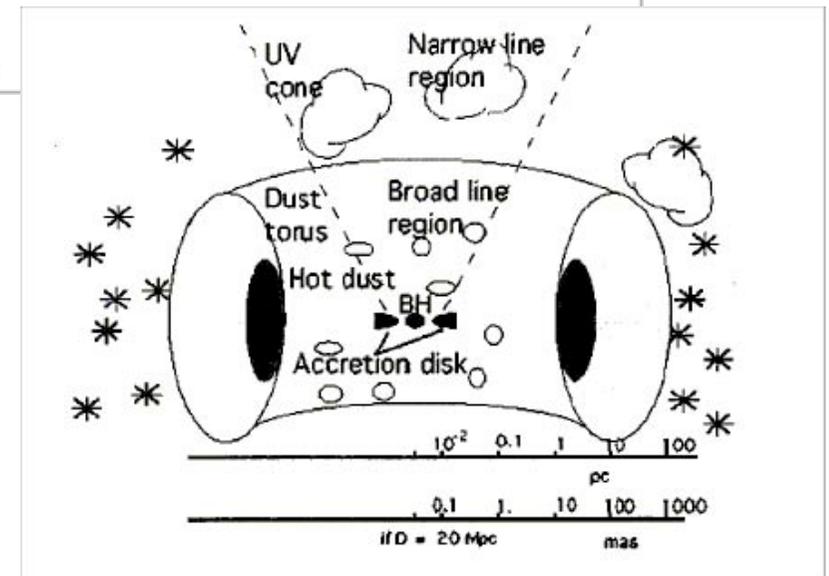
Structure stellaires (avec ou sans spectro)

- Assombrissement des bords => modèles d'atmosphères
- Aplatissement => vitesse de rotation
- Taches et éruptions => activité magnétique, vents stellaires, structures internes



Disques d'accrétion, AGN, ...

- Nombreux intérêts pour déterminer:
 - la présence de planètes
 - la formation de planètes
 - la présence de jets de matière



Astrométrie - planètes extra-solaires

- Mouvement réflexe de l'étoile
- A combiner aux mesures spectroscopiques (vitesses radiales) quand c'est possible
- Accès à un autre domaine de (masse-distance)
- Nécessite une très grande précision

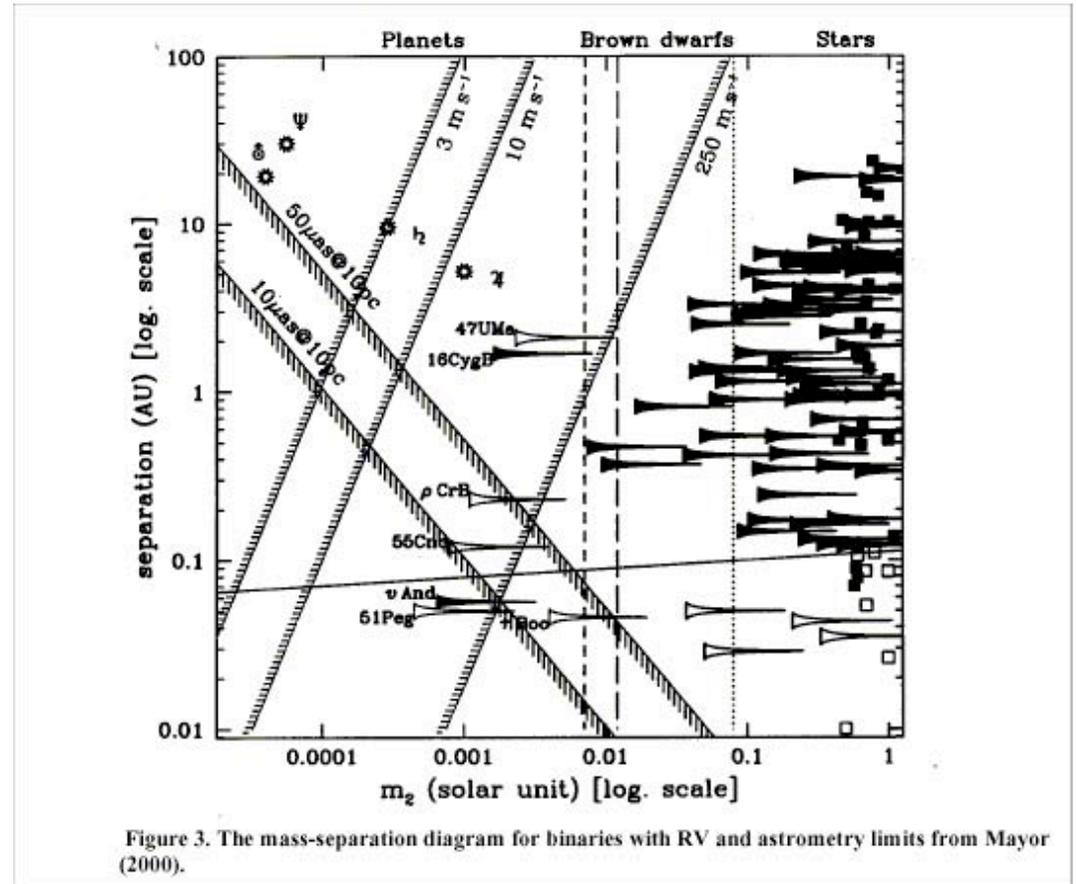
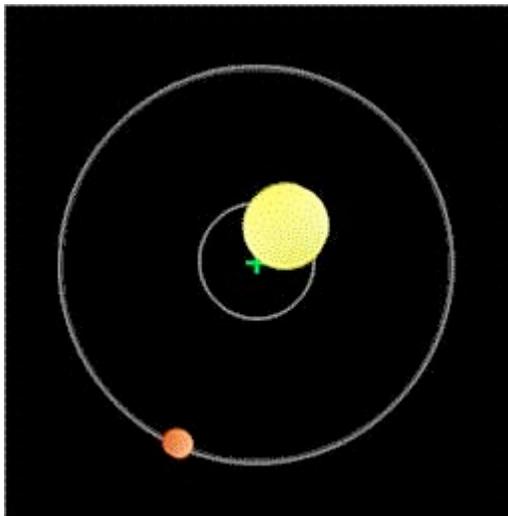


Figure 3. The mass-separation diagram for binaries with RV and astrometry limits from Mayor (2000).

Astrométrie - micro-lentilles gravitationnelles

- Trous noirs, naines brunes ou MACHOs se baladant, invisibles, dans le disque et le halo galactique
- En passant devant une autre étoile => effet de lentille gravitationnelle =>
 - augmentation de la luminosité (photométrie: OGLE ...)
 - dédoublement de l'étoile détectable par
 - astrométrie
 - visibilité (cf. étoile double)
- Détermination de la masse et de la distance de la lentille
- Nécessite:
 - grande magnitude limite (min 15-16)
 - bonne précision astrométrique ($\sim 100 \mu\text{as}$)
 - bonne précision sur la visibilité (1 à 0.1%)

