

Photon noise limited Doppler measurement with a Fourier transform seismometer

Mosser Benoît¹, Maillard Jean-Pierre²

ACI “un sismomètre performant pour l’astérosismologie”

¹ LESIA, Observatoire de Paris, F-92195 Meudon, France

² IAP, 98 bld Arago, F-75014 Paris, France

`benoit.mosser@obspm.fr`

Objectifs scientifiques

Etude du principe instrumental et d'un prototype d'astérosismomètre

- peu coûteux

Objectifs scientifiques

Etude du principe instrumental et d'un prototype d'astérosismomètre

- peu coûteux
- simple

Objectifs scientifiques

Etude du principe instrumental et d'un prototype d'astérosismomètre

- peu coûteux
- simple
- performant sur un réseau de télescopes de la classe 2-m

SIAMOIS

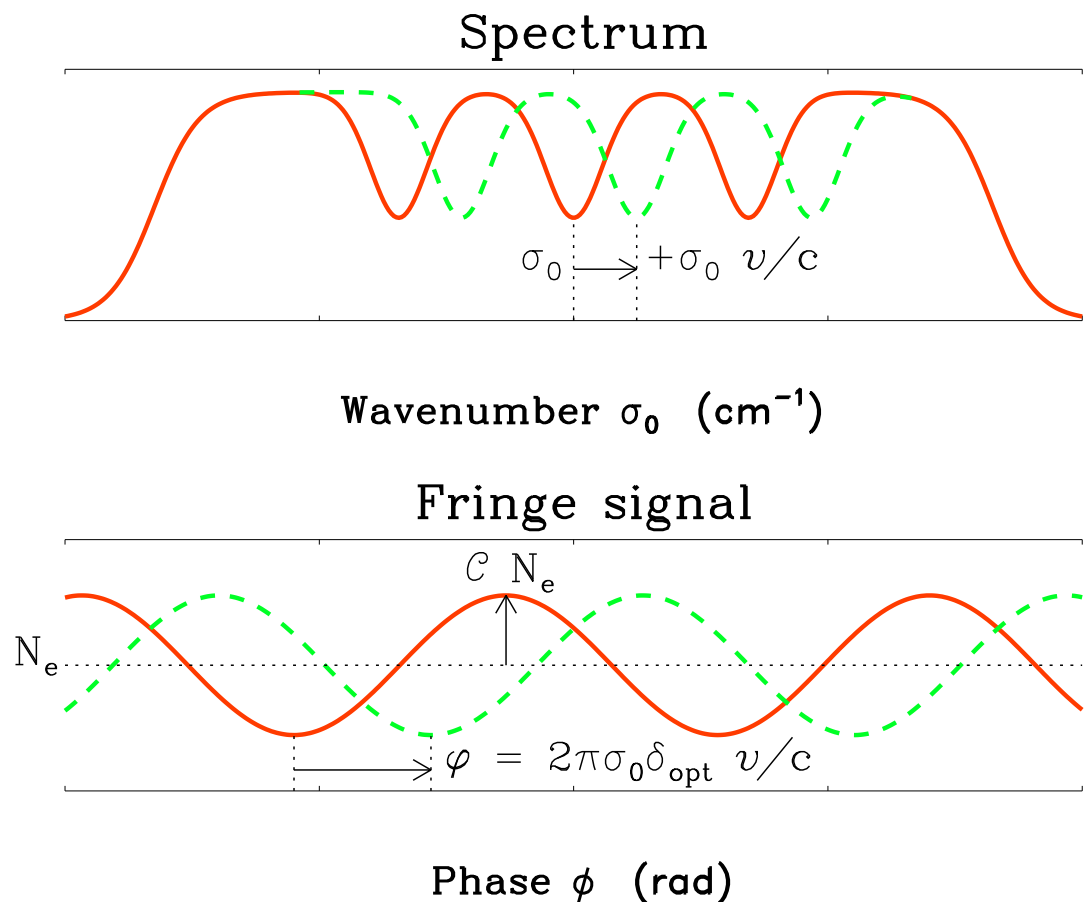
Sismomètre Interférentiel A Mesurer les
Oscillations des Intérieurs Stellaires

Sismomètre Interférentiel A Mesurer les Oscillations des Intérieurs Stellaires

1. Principe
2. Performances
3. Comparaison avec un spectromètre à réseau

Principe

Signal
Doppler
cherché dans
l'interférogramme



Performances / bruit de photons

Performance en vitesse : $\delta v_{\text{rms}} = \frac{c}{Q\sqrt{N_e}}$

Performances / bruit de photons

Performance en vitesse : $\delta v_{\text{rms}} = \frac{c}{Q\sqrt{N_e}}$

Facteur de qualité : $Q = \sqrt{2\pi} \sigma_0 \delta_{\text{opt}} C$

Performances / bruit de photons

Performance en vitesse : $\delta v_{\text{rms}} = \frac{c}{Q\sqrt{N_e}}$

Facteur de qualité : $Q = \sqrt{2\pi} \sigma_0 \delta_{\text{opt}} \mathcal{C}$

Contraste des franges : \mathcal{C}

Performances / bruit de photons

Performance en vitesse : $\delta v_{\text{rms}} = \frac{c}{Q\sqrt{N_e}}$

Facteur de qualité : $Q = \sqrt{2}\pi \sigma_0 \delta_{\text{opt}} C$

Contraste des franges : C

Nombre de photo-électrons : N_e

Performances / bruit de photons

Performance en vitesse : $\delta v_{\text{rms}} = \frac{c}{Q\sqrt{N_e}}$

Facteur de qualité : $Q = \sqrt{2\pi} \sigma_0 \delta_{\text{opt}} \mathcal{C}$

Contraste des franges : \mathcal{C}

Nombre de photo-électrons : N_e

Optimisation des performances

- Facteur de qualité Q :
 - Domaine spectral σ_0
 - Différence de marche δ_{opt} : $\sigma_0 \delta_{\text{opt}} \propto 1/\Delta v$
 - **Contraste des franges** : \mathcal{C}

Optimisation des performances

- Facteur de qualité Q :
 - Domaine spectral σ_0
 - Différence de marche δ_{opt} : $\sigma_0 \delta_{\text{opt}} \propto 1/\Delta v$
 - **Contraste des franges** : \mathcal{C}
- Nombre de photo-électrons collectés N_e :
 - **Luminosité** de l'instrument
 - Nombre de **photons utiles**

Optimisation des performances

- Facteur de qualité Q :
 - Domaine spectral σ_0
 - Différence de marche δ_{opt} : $\sigma_0 \delta_{\text{opt}} \propto 1/\Delta v$
 - **Contraste des franges** : \mathcal{C}
- Nombre de photo-électrons collectés N_e :
 - **Luminosité** de l'instrument
 - Nombre de **photons utiles**

Hiatus : $N_e \nearrow \implies \mathcal{C} \searrow$

Optimisation des performances

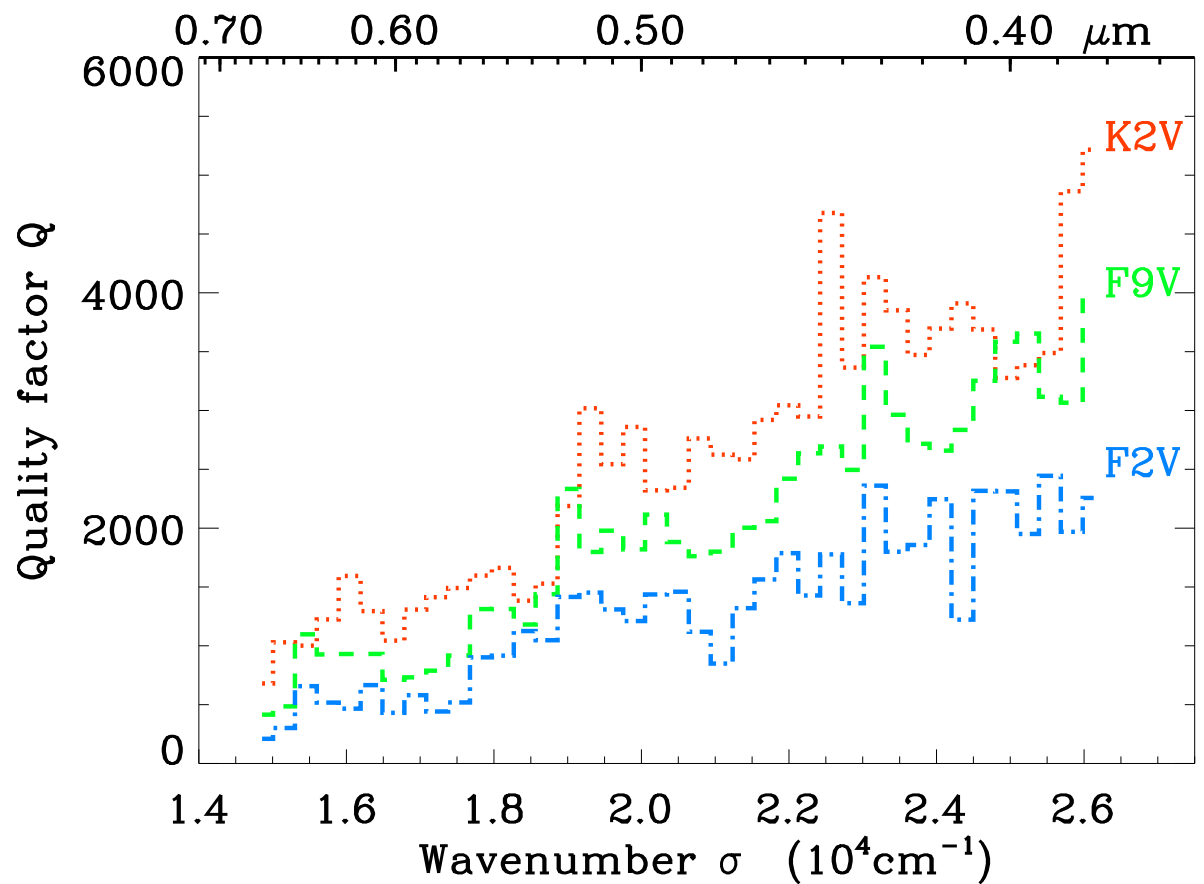
- Facteur de qualité Q :
 - Domaine spectral σ_0
 - Différence de marche δ_{opt} : $\sigma_0 \delta_{\text{opt}} \propto 1/\Delta v$
 - **Contraste des franges** : \mathcal{C}
- Nombre de photo-électrons collectés N_e :
 - **Luminosité** de l'instrument
 - Nombre de **photons utiles**

Hiatus : $N_e \nearrow \implies \mathcal{C} \searrow$

Solution : **Interféromètre + Post-dispersion**

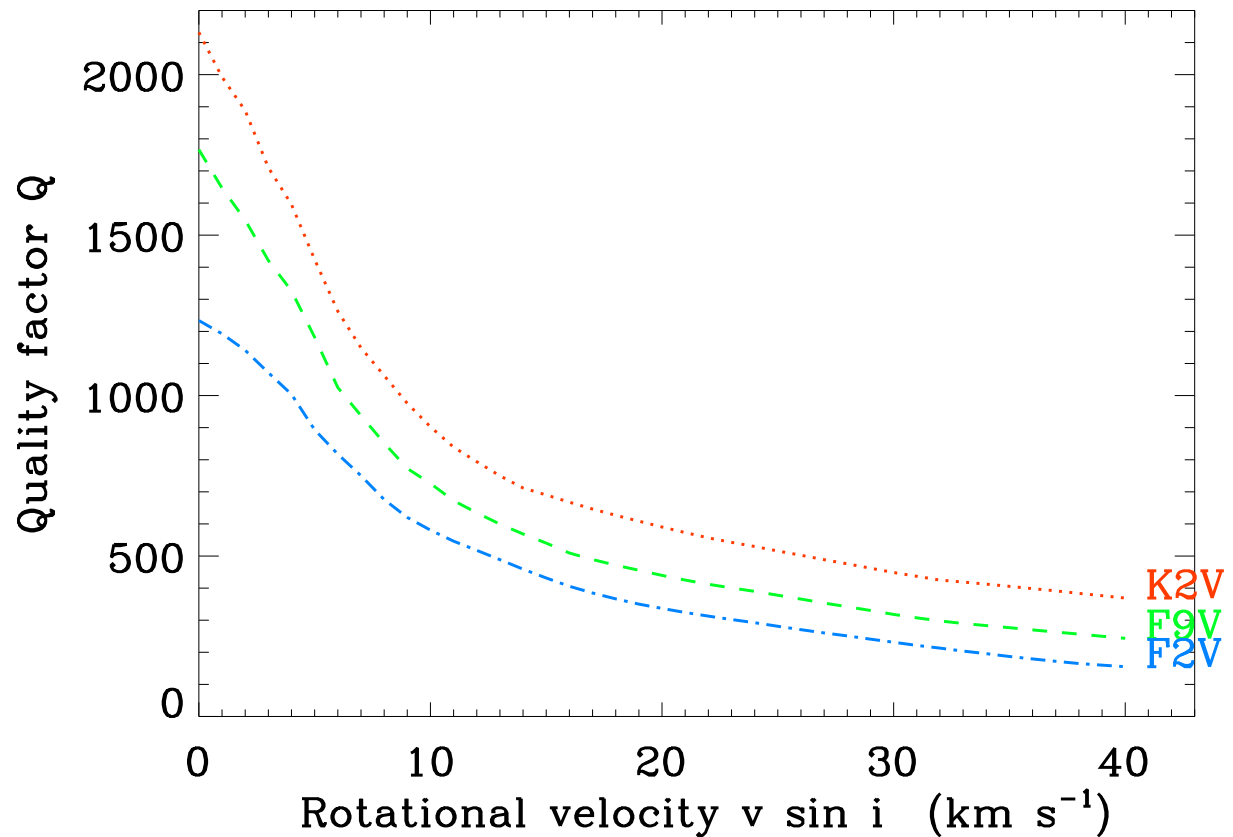
Facteur de qualité

Q , fonction du
type spectral



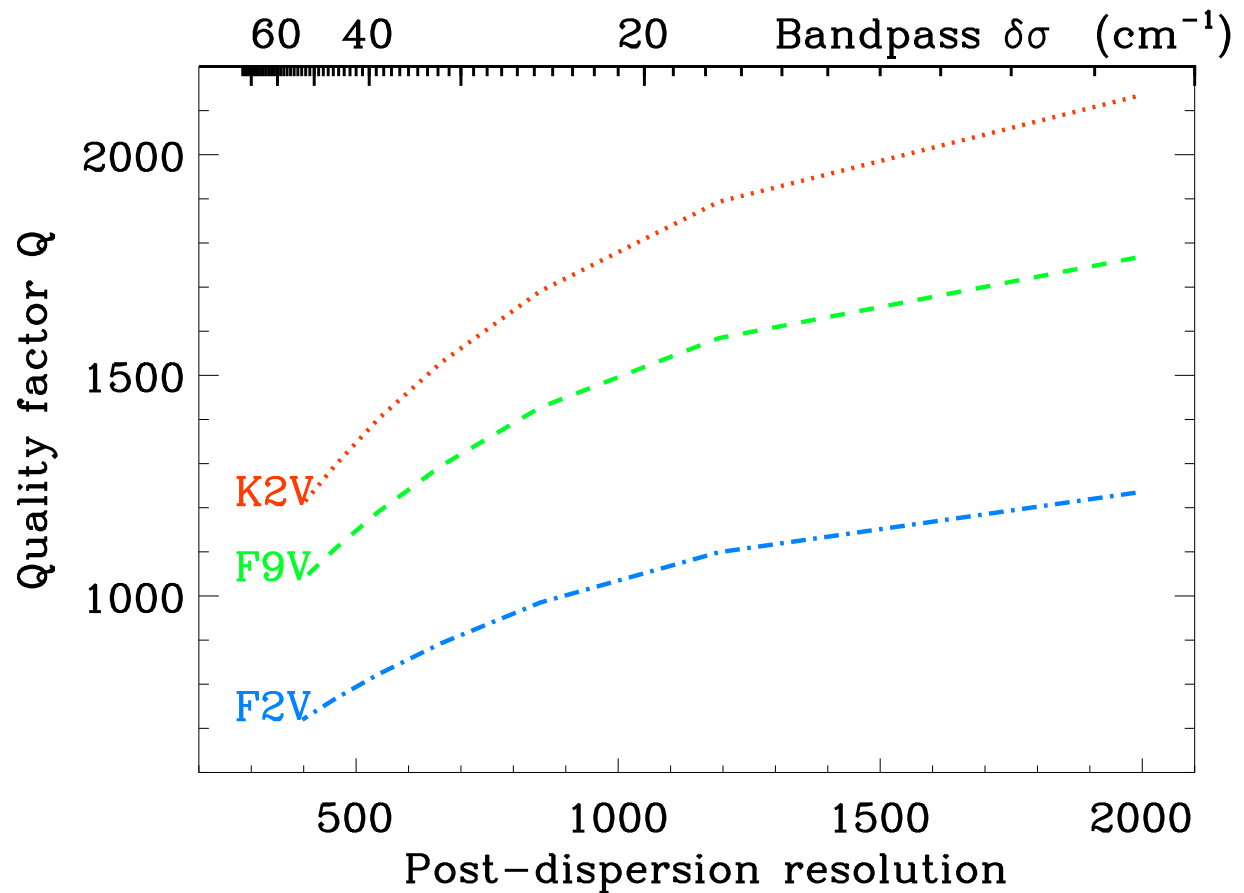
Facteur de qualité

Q , fonction de la
rotation



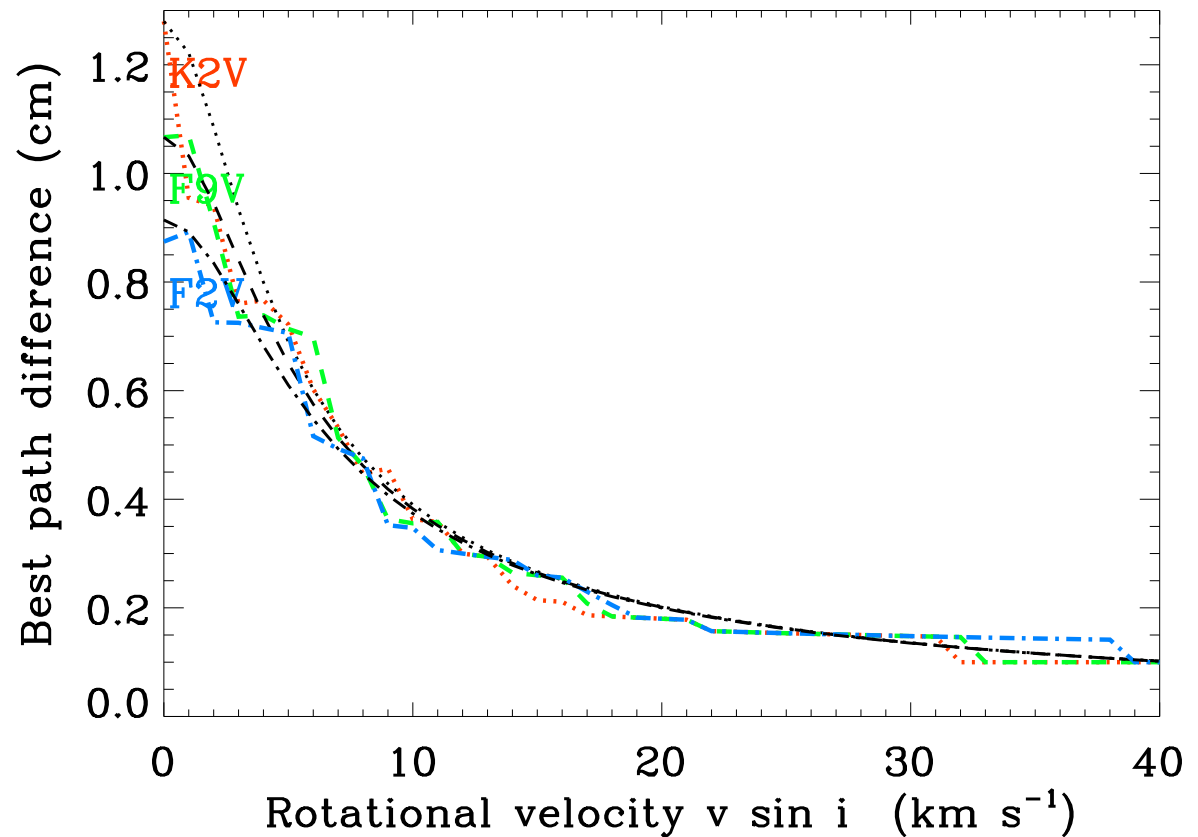
Facteur de qualité

Q , fonction de la
résolution de la
post-dispersion



Différence de marche

ddm optimale,
fonction du **type**
spectral et de la
rotation



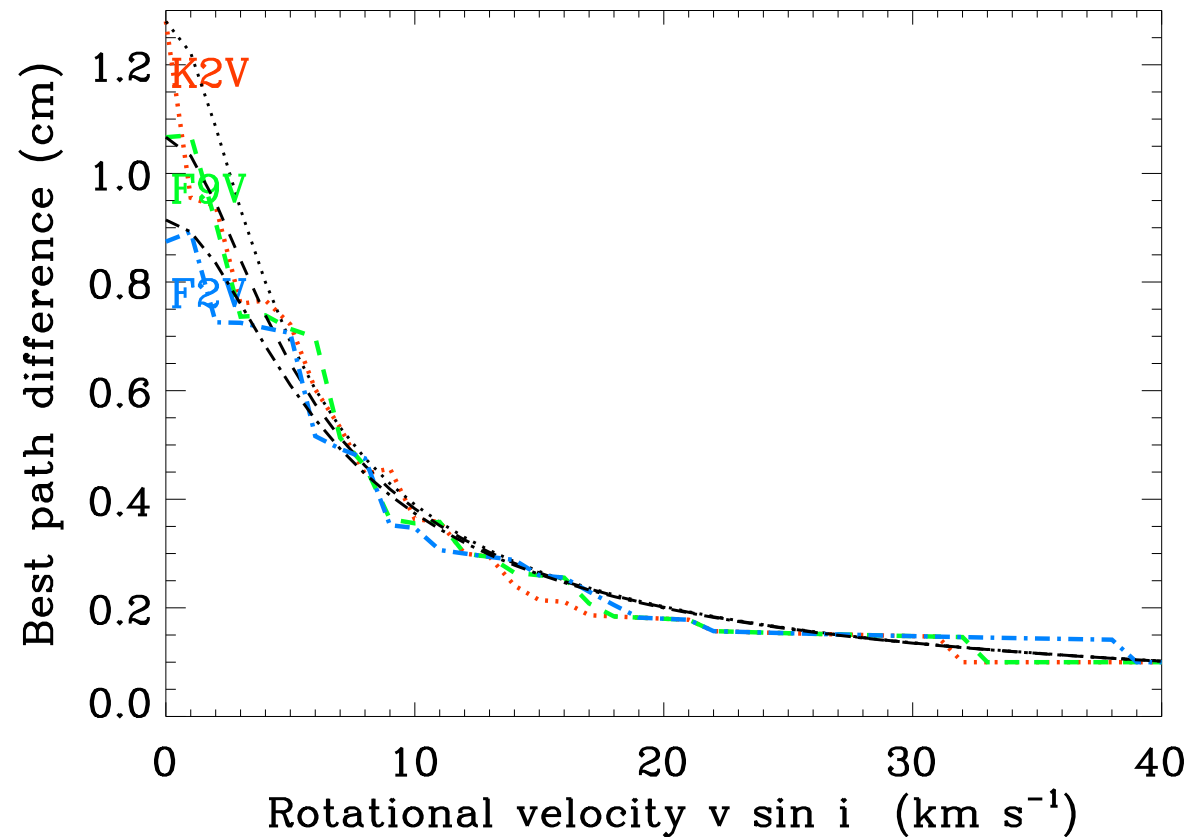
Différence de marche

ddm optimale,
fonction du **type spectral** et de la
rotation

ddm < 1.2 cm

⇒ petit

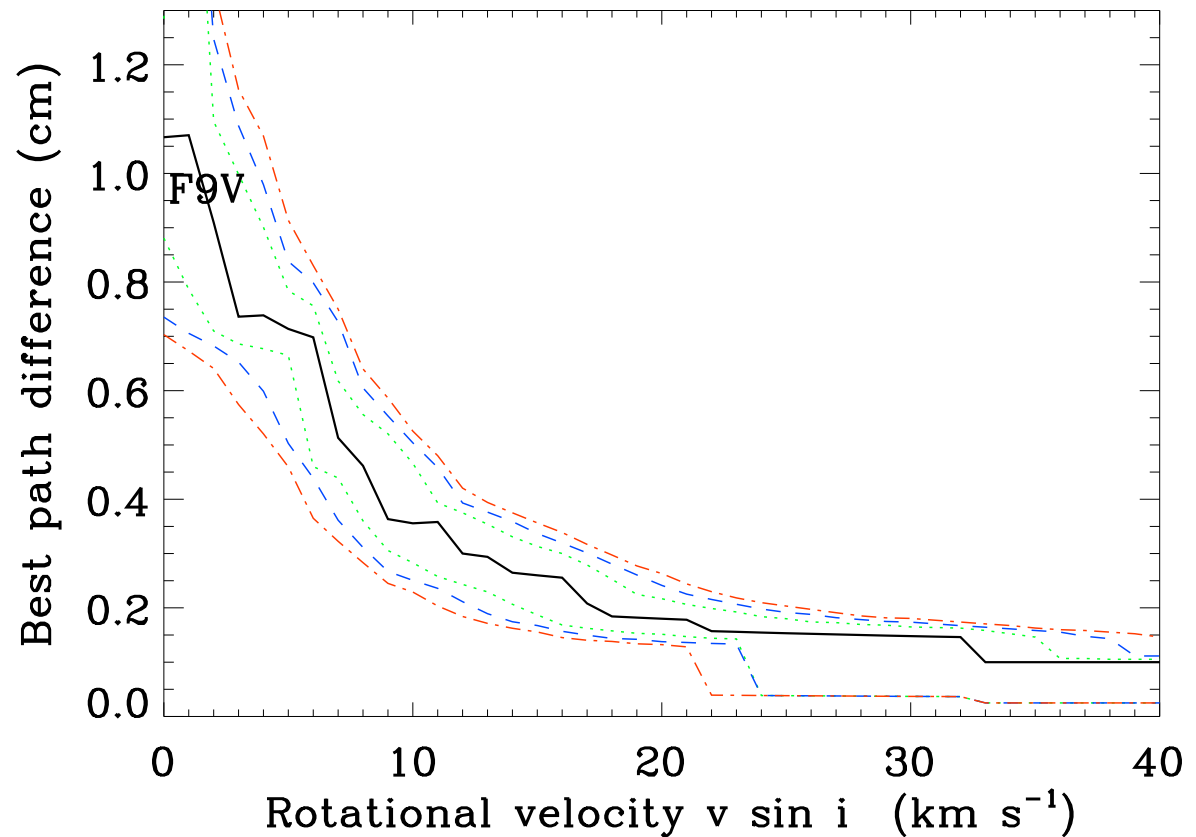
instrument



Différence de marche

ddm :

choix optimal, et
performances
dégradées de 5,
10 ou 15 %



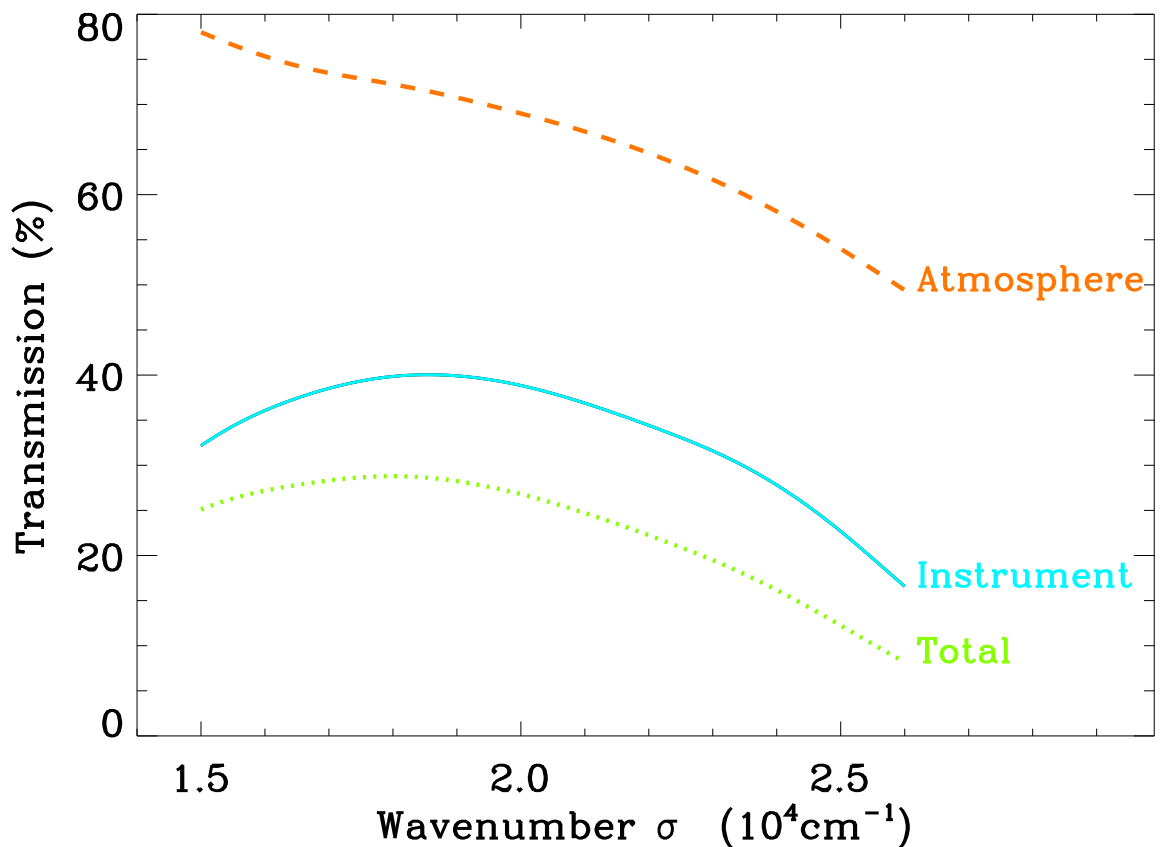
Performances

Estimées avec :

- réseau de télescope 2-m
- sur 5 jours, cycle utile de 50%
- cible stellaire de 4e magnitude

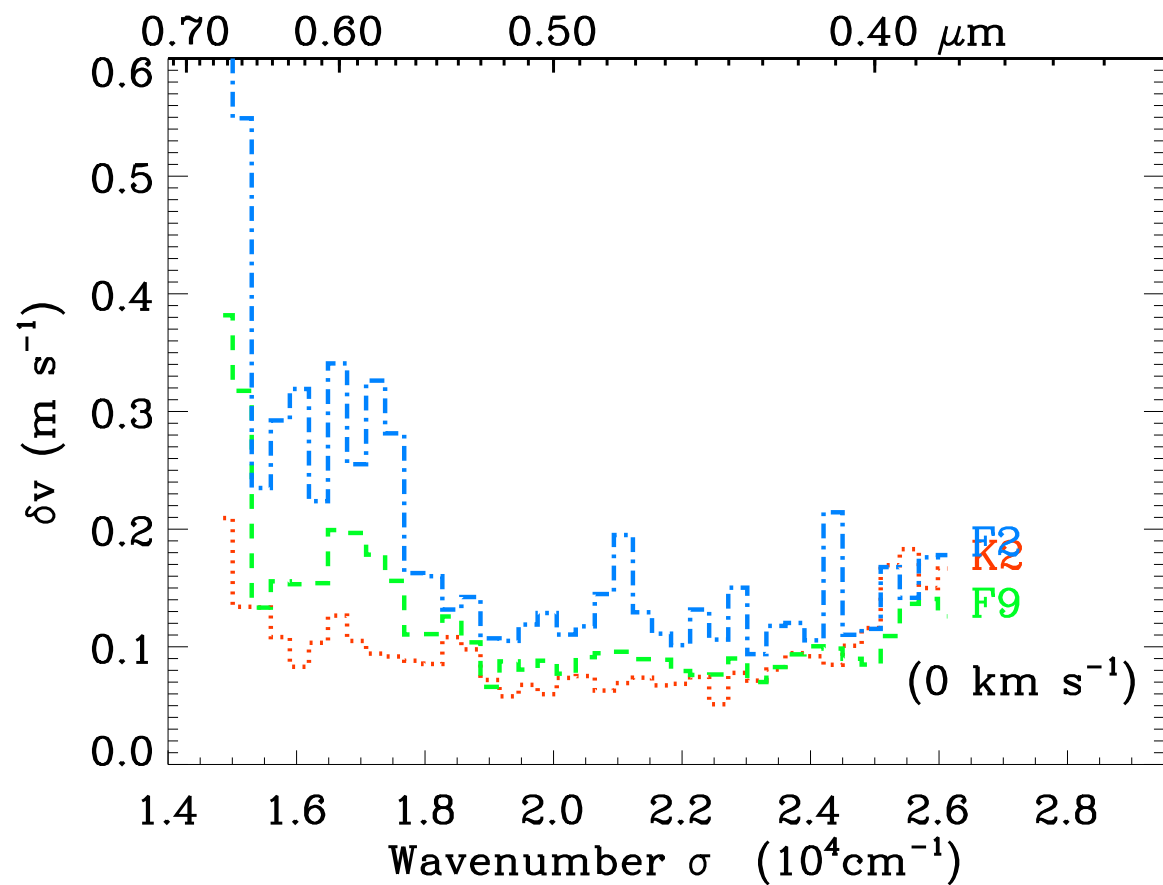
Performances

Transmission,
cible au
zénith,
observatoire
au niveau de
la mer



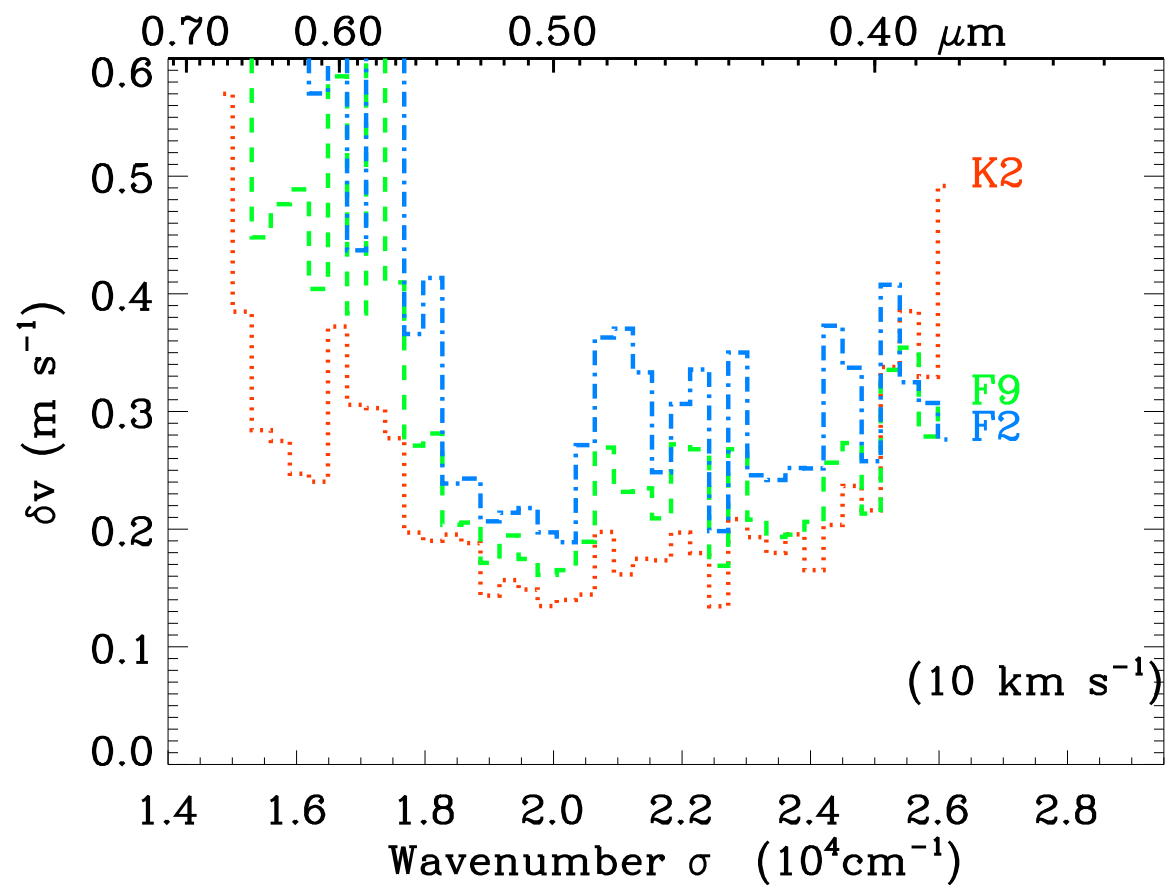
Performances

fonction de
l'intervalle
spectral :
 $v \sin i = 0$
 km s^{-1}



Performances

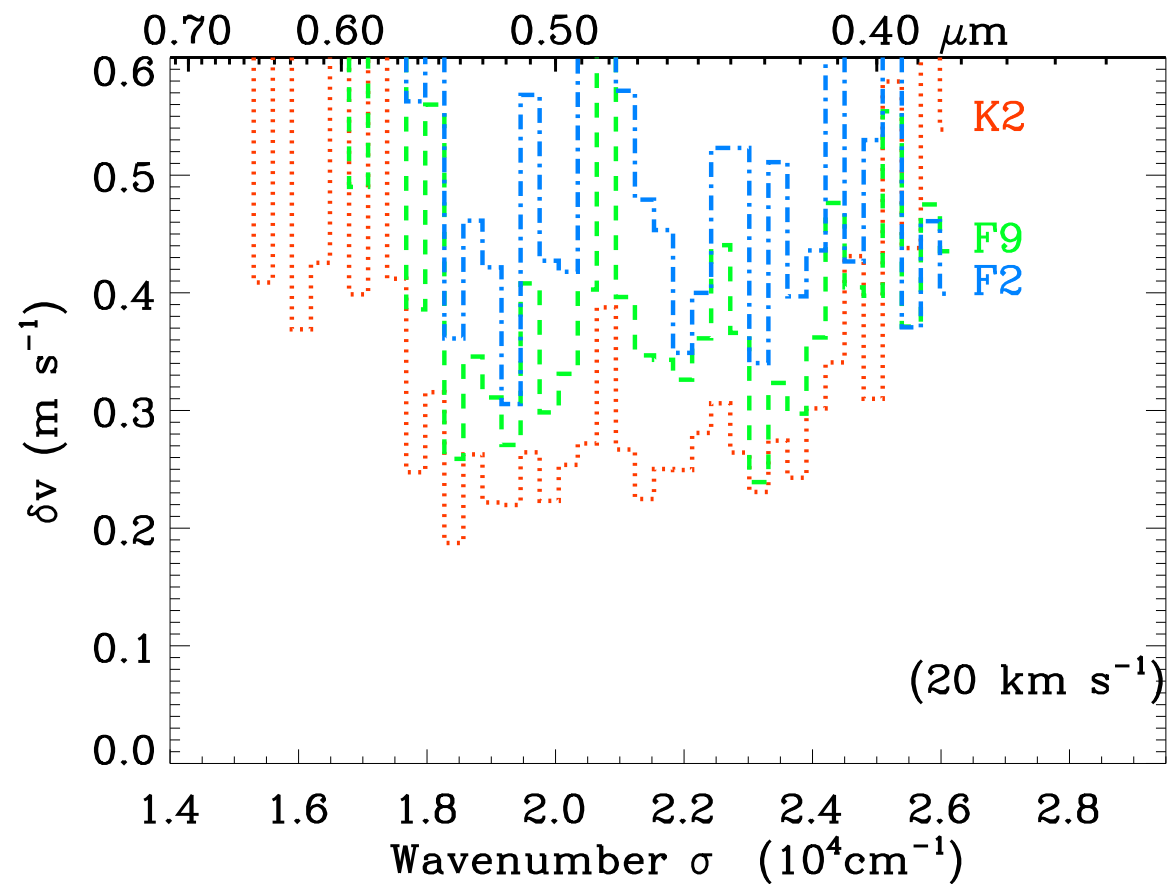
fonction de
l'intervalle
spectral :
 $v \sin i = 10$
 km s^{-1}



Performances

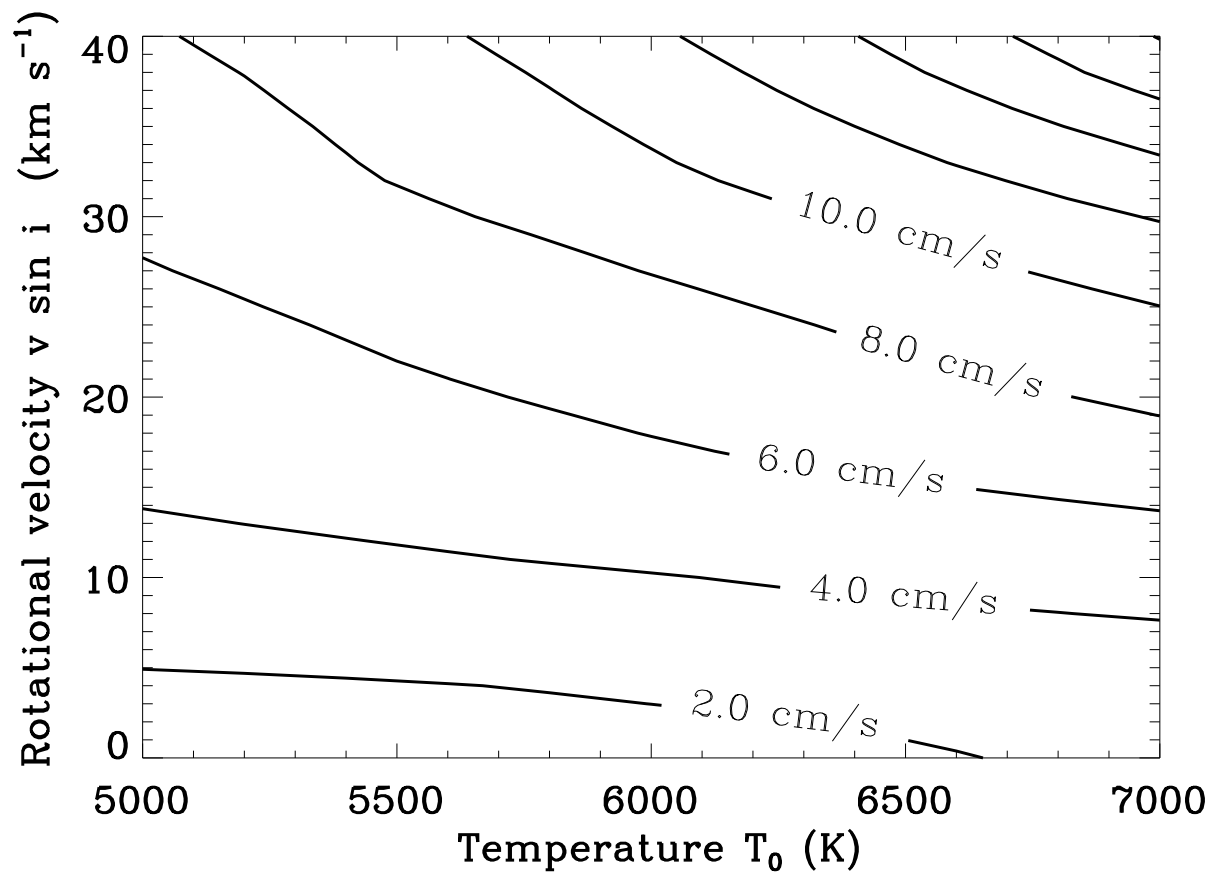
fonction de
l'intervalle
spectral :
 $v \sin i = 20$
 km s^{-1}

domaine
utile :
[18000,
25000 cm^{-1}]



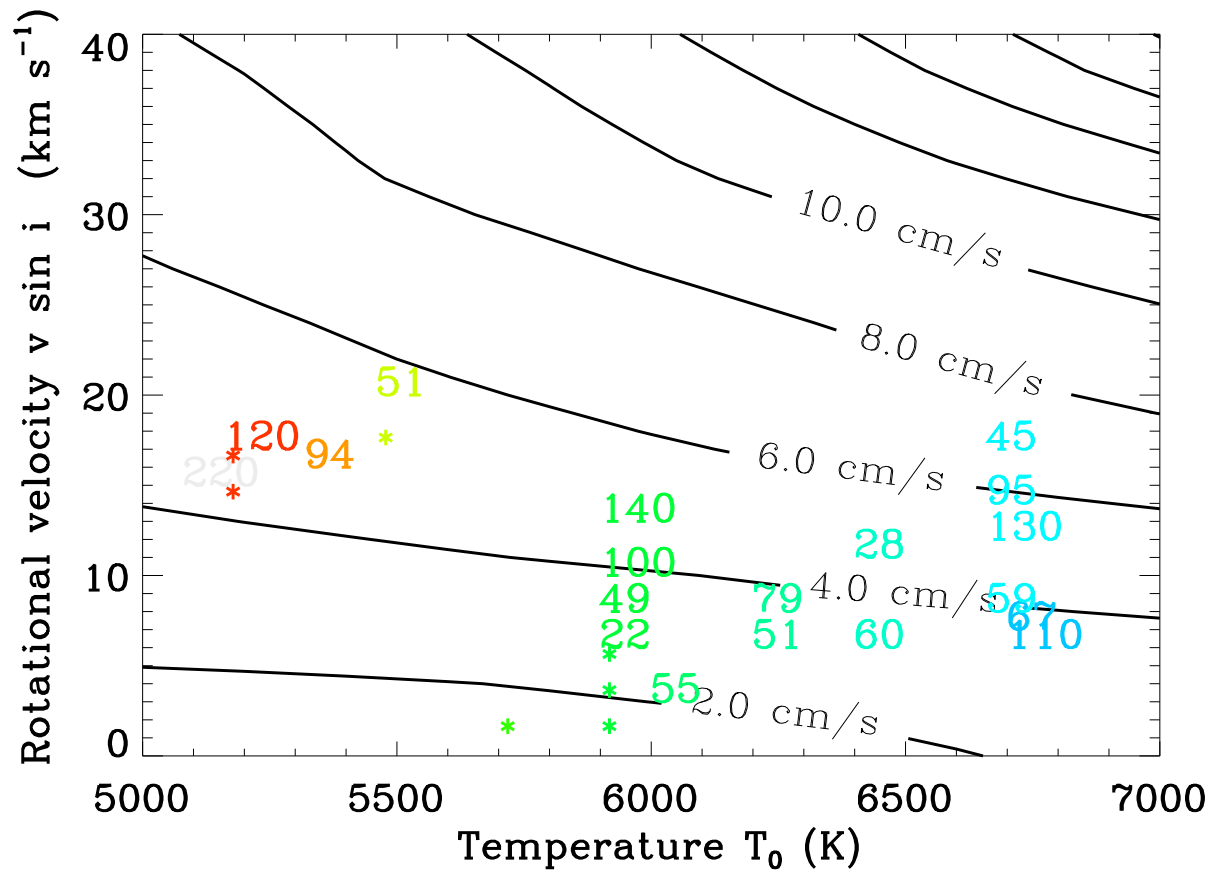
Performances

Performances
limitées par
le bruit de
photons



Performances

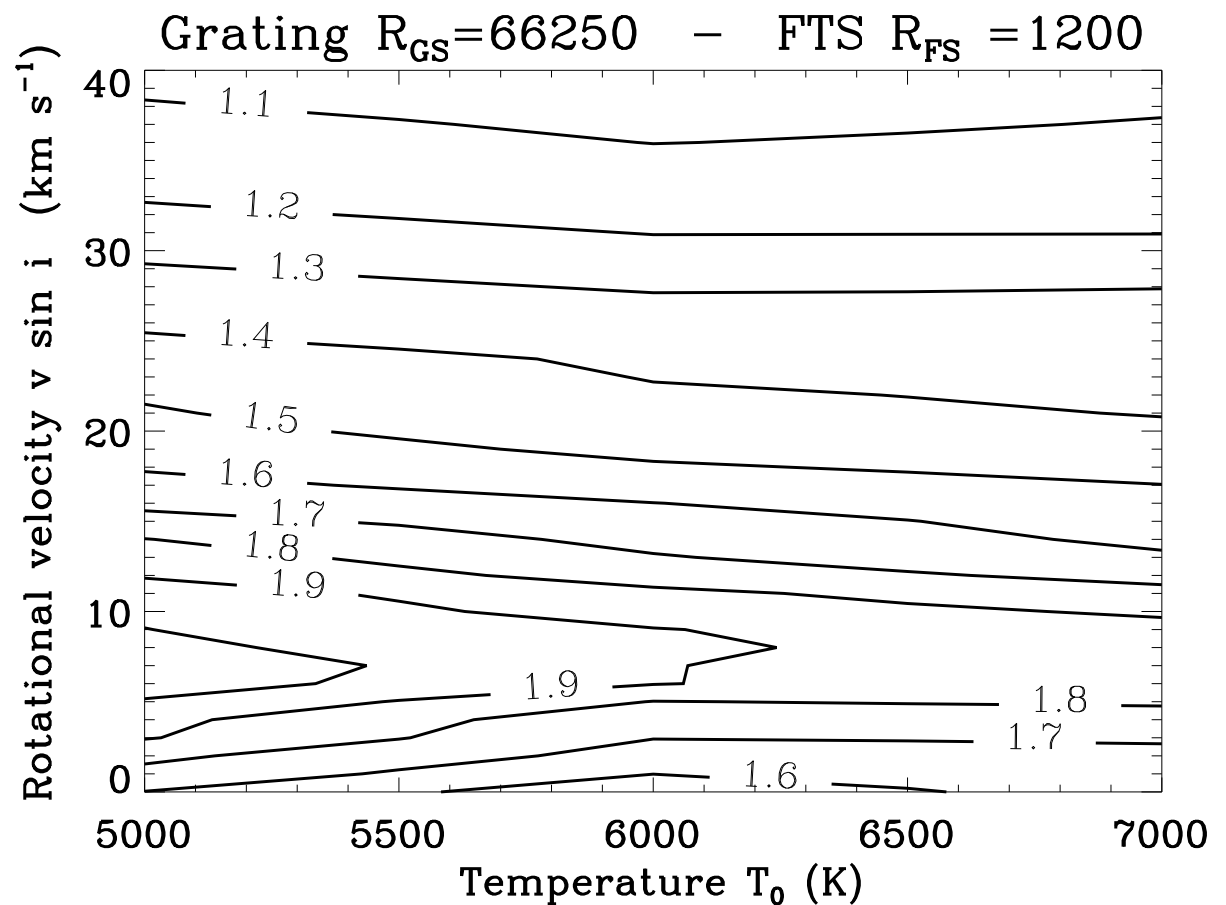
Performances
et cibles de
l'hémisphère
nord



Comparaison : réseau / Fourier

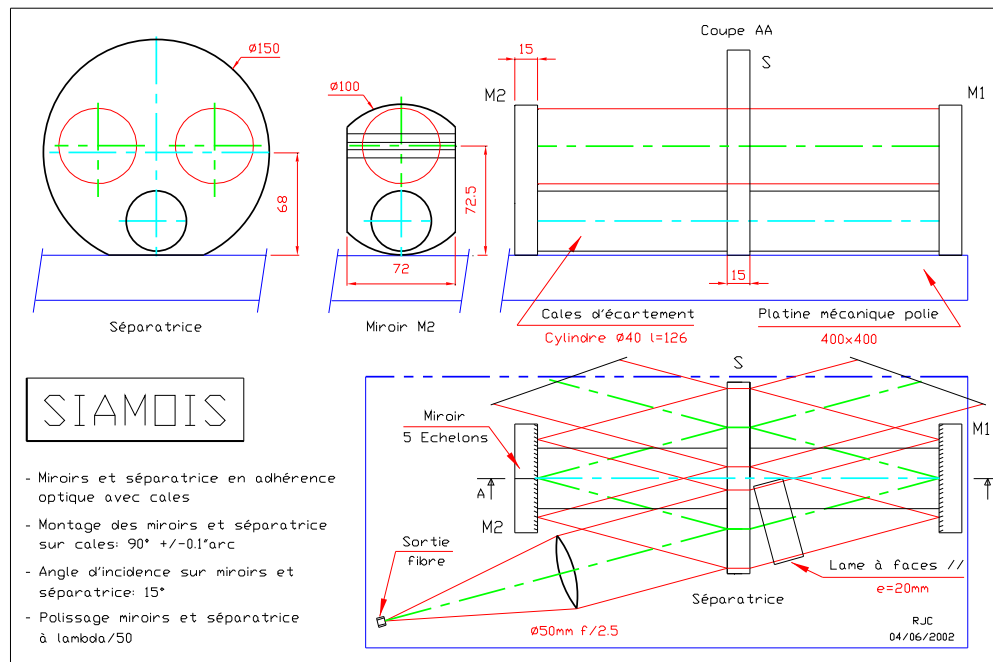
Rapport :

$$\delta v_{\text{FS}} / \delta v_{\text{GS}}$$



Un interféromètre compact, sans pièce mobile

MONTAGE DE L'INTERFEROMETRE SIAMOIS



L'interféromètre forme un bloc monté par adhérence optique. Il est fixé sur une platine commune à tous les autres éléments optiques.

Conclusion et projet

Performance : en moyenne 1.6 fois moins bon que spectro réseau

Coût : gain d'un facteur 4 attendu par rapport à un spectro réseau

Conclusion et projet

Performance : en moyenne 1.6 fois moins bon que spectro réseau

Coût : gain d'un facteur 4 attendu par rapport à un spectro réseau

- fin 2002 : définition des différents éléments
- 2003 : prototype, estimation du coût

Conclusion et projet

Performance : en moyenne 1.6 fois moins bon que spectro réseau

Coût : gain d'un facteur 4 attendu par rapport à un spectro réseau

- fin 2002 : définition des différents éléments
- 2003 : prototype, estimation du coût
- Interaction ACI - PNPS

Conclusion et projet

Performance : en moyenne 1.6 fois moins bon que spectro réseau

Coût : gain d'un facteur 4 attendu par rapport à un spectro réseau

- fin 2002 : définition des différents éléments
- 2003 : prototype, estimation du coût
- Interaction ACI - PNPS