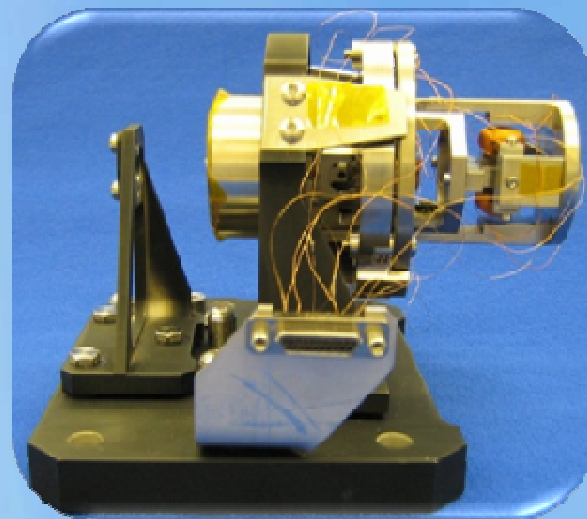


Etalonnage et asservissement d'un miroir pivotant cryogénique

Thomas SOILLY
CPPM – IN2P3
soilly@cppm.in2p3.fr



Plan de la présentation

- 1. Le projet de télescope embarqué SNAP**
- 2. Le miroir pivotant (steering mirror)**
- 3. Instrumentation / réseau de terrain**
- 4. Commande et boucle d'asservissement sous LabVIEW**
- 5. Performances obtenues**
- 6. Conclusion**

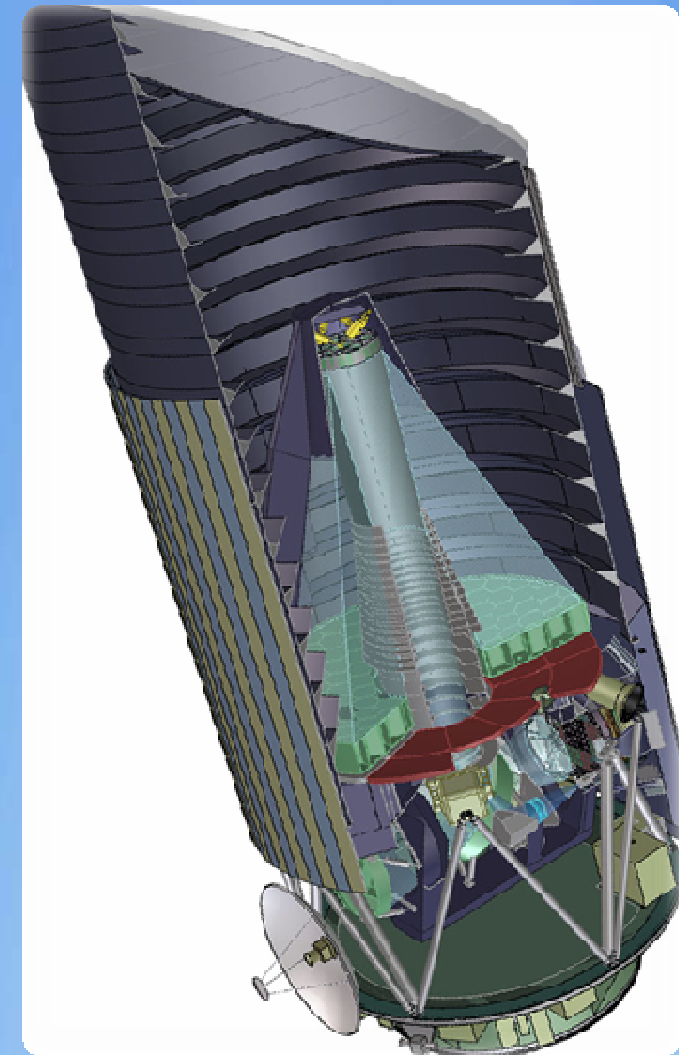


Le projet de télescope embarqué SNAP

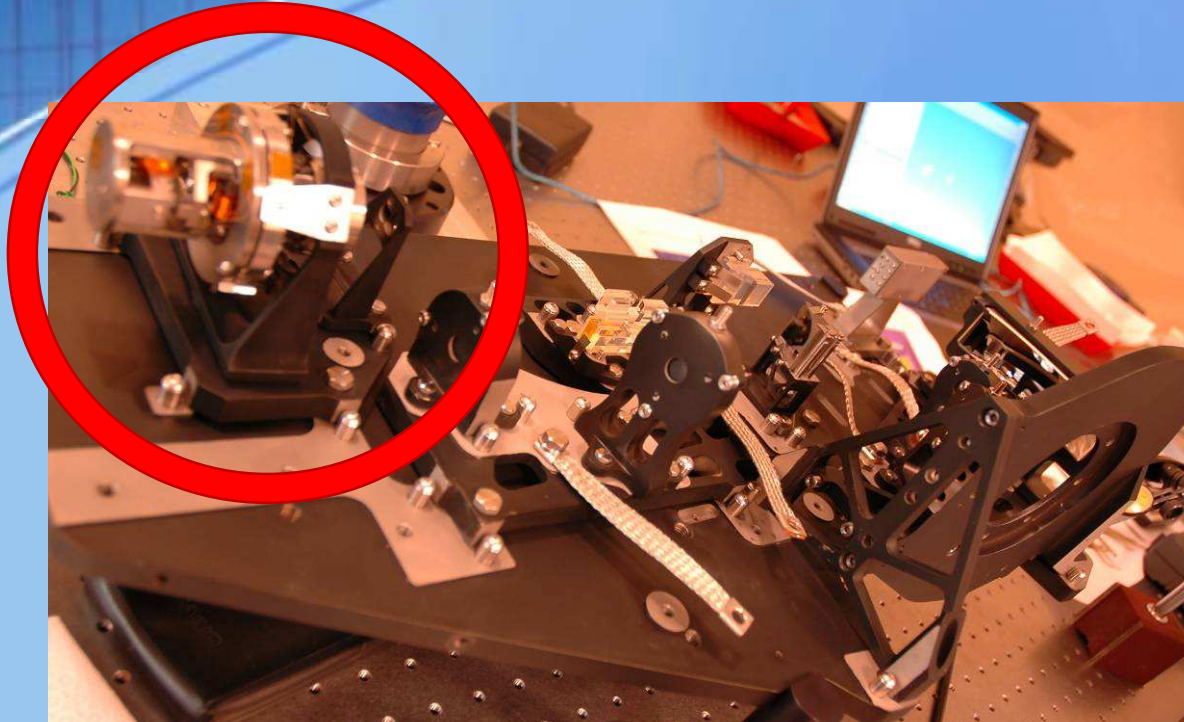


Le télescope SNAP

- Appel d'offre JDEM
- Satellite dédié à la mesure de l'énergie noire
- Miroir primaire : 2m de diamètre
- 2 instruments :
 - Grand imageur (1/2 Giga pixels)
 - **Spectrographe**



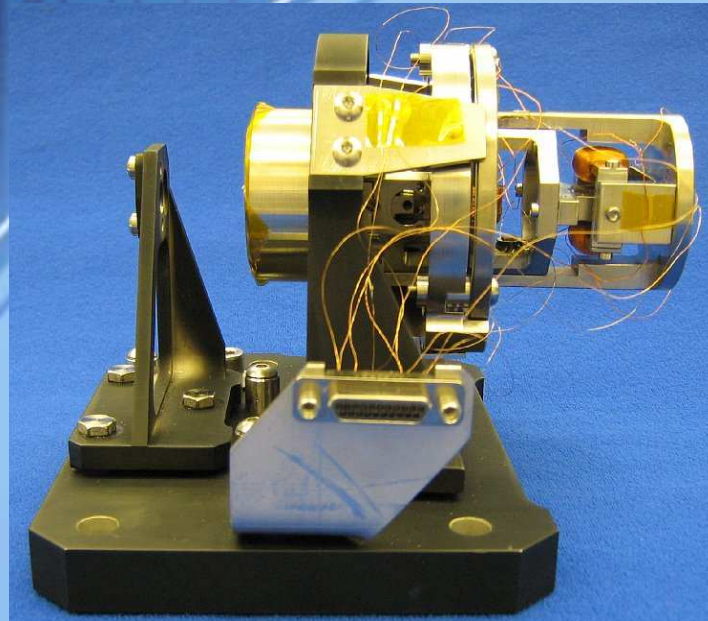
Le démonstrateur de spectrographe de SNAP



- Test des performances optiques
- Validation de la simulation
- 1 différence : le steering mirror, pour simuler une étoile à l'infini

Le miroir pivotant (steering mirror)

Le miroir pivotant (steering mirror)

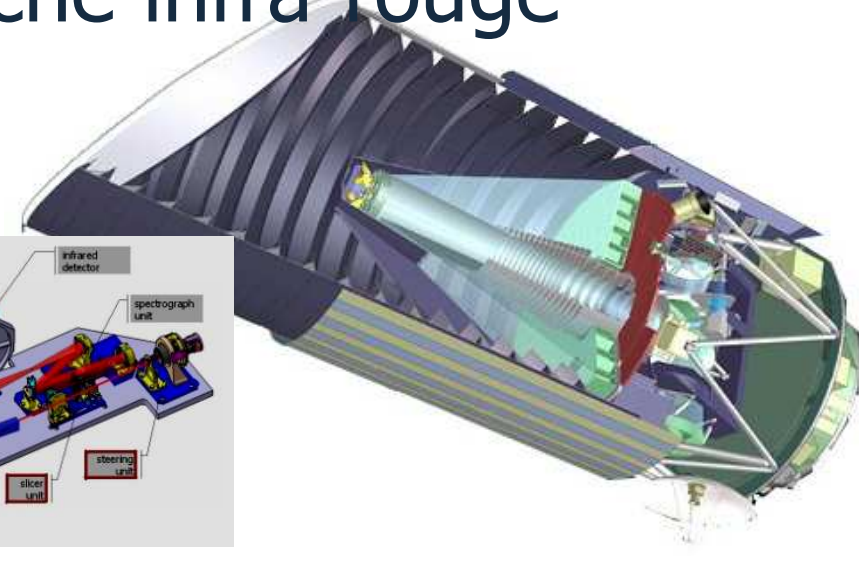
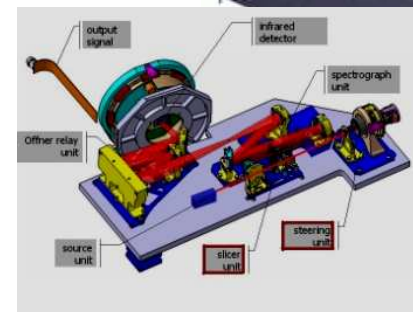


KMOS pour le VLT
spectroscopie
intégrale infra-rouge
multi champs



SNAP démonstrateur
spectroscopie intégrale
proche infra-rouge

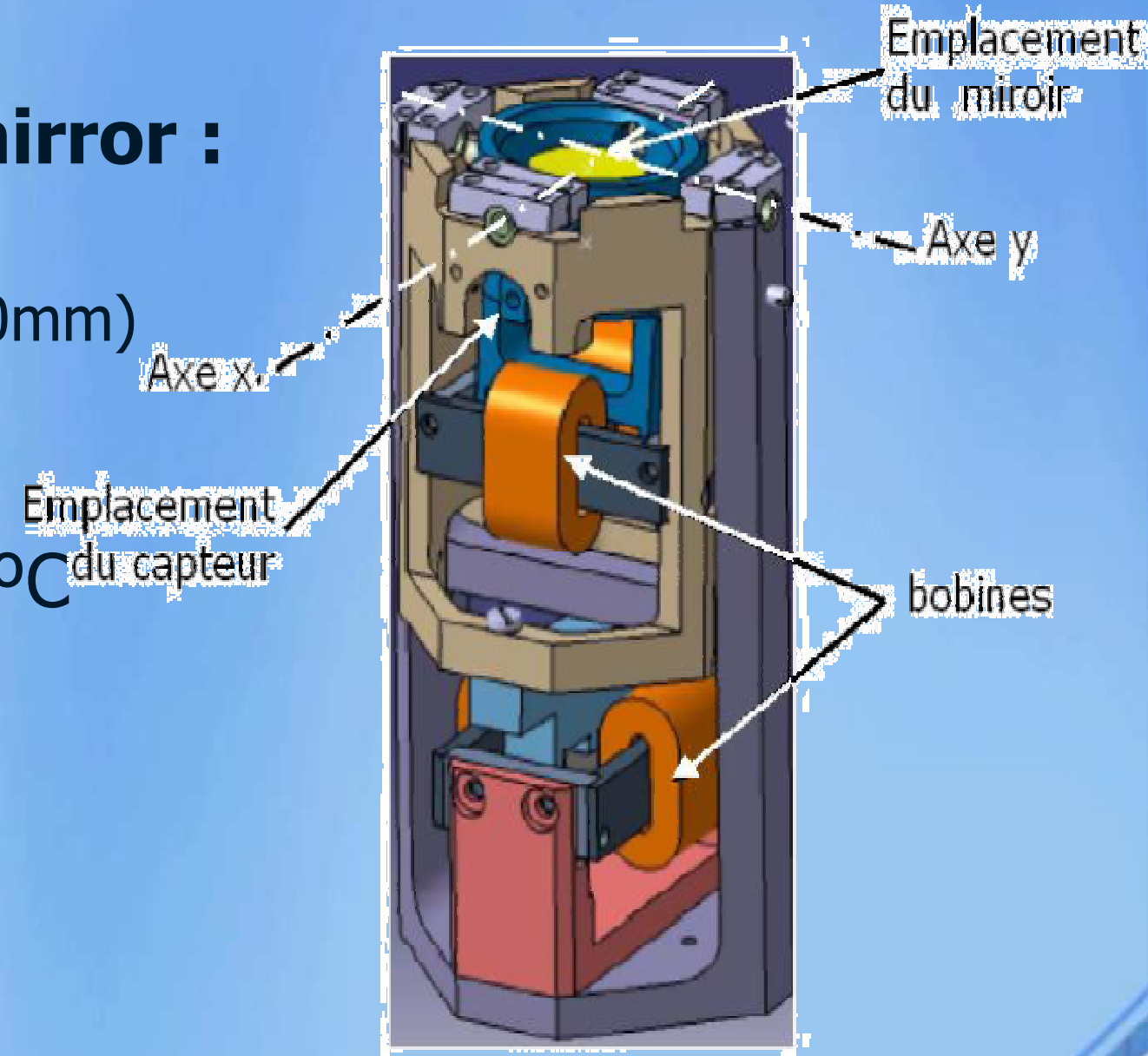
ELT instrument
design



Le miroir pivotant (steering mirror)

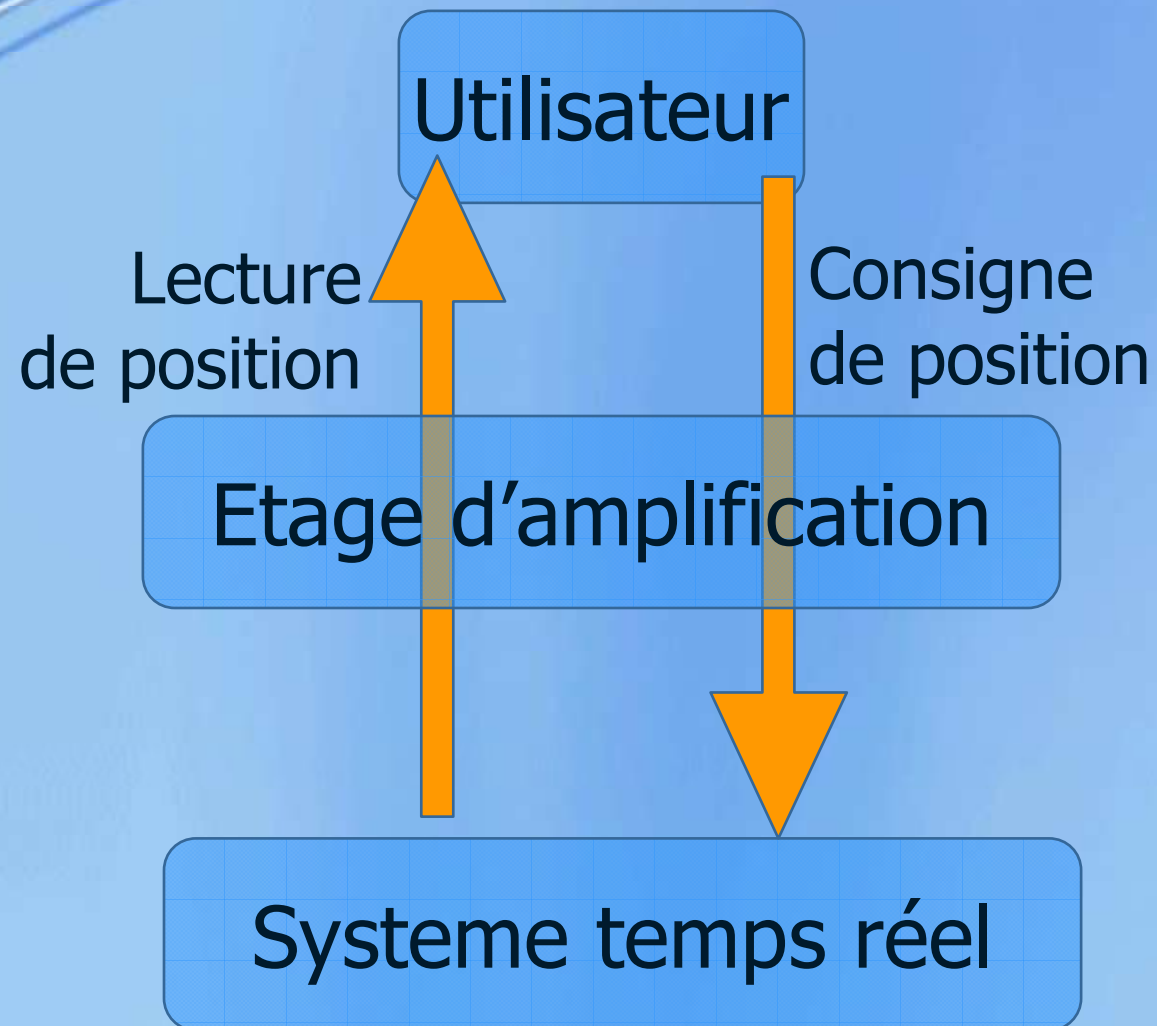
Miroir Pivotant/Steering mirror :

- Petite taille ($\varnothing 10\text{mm}$, $30 \times 30 \times 150\text{mm}$)
- 2 axes
- grande plage : $\pm 2^\circ$
- $-150^\circ\text{C} < T_{\text{fonctionnement}} < +30^\circ\text{C}$
- Moteurs à courant continu
- Capteurs magnétorésistifs



Instrumentation / réseau de terrain

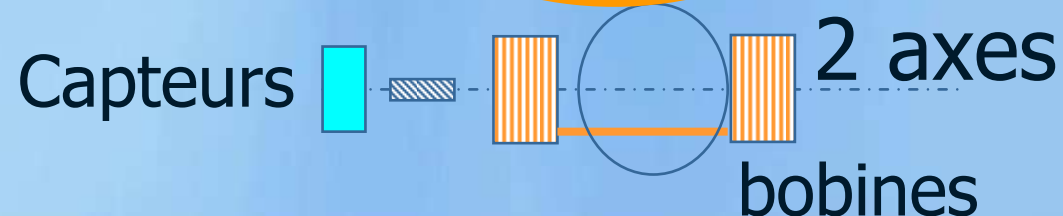
Le système bouclé



**Besoin :
système bouclé
en temps réel**



Boucle temps reel



Matériel utilisé

Solution proposée par National instruments



LabVIEW™

LabVIEW 8.0

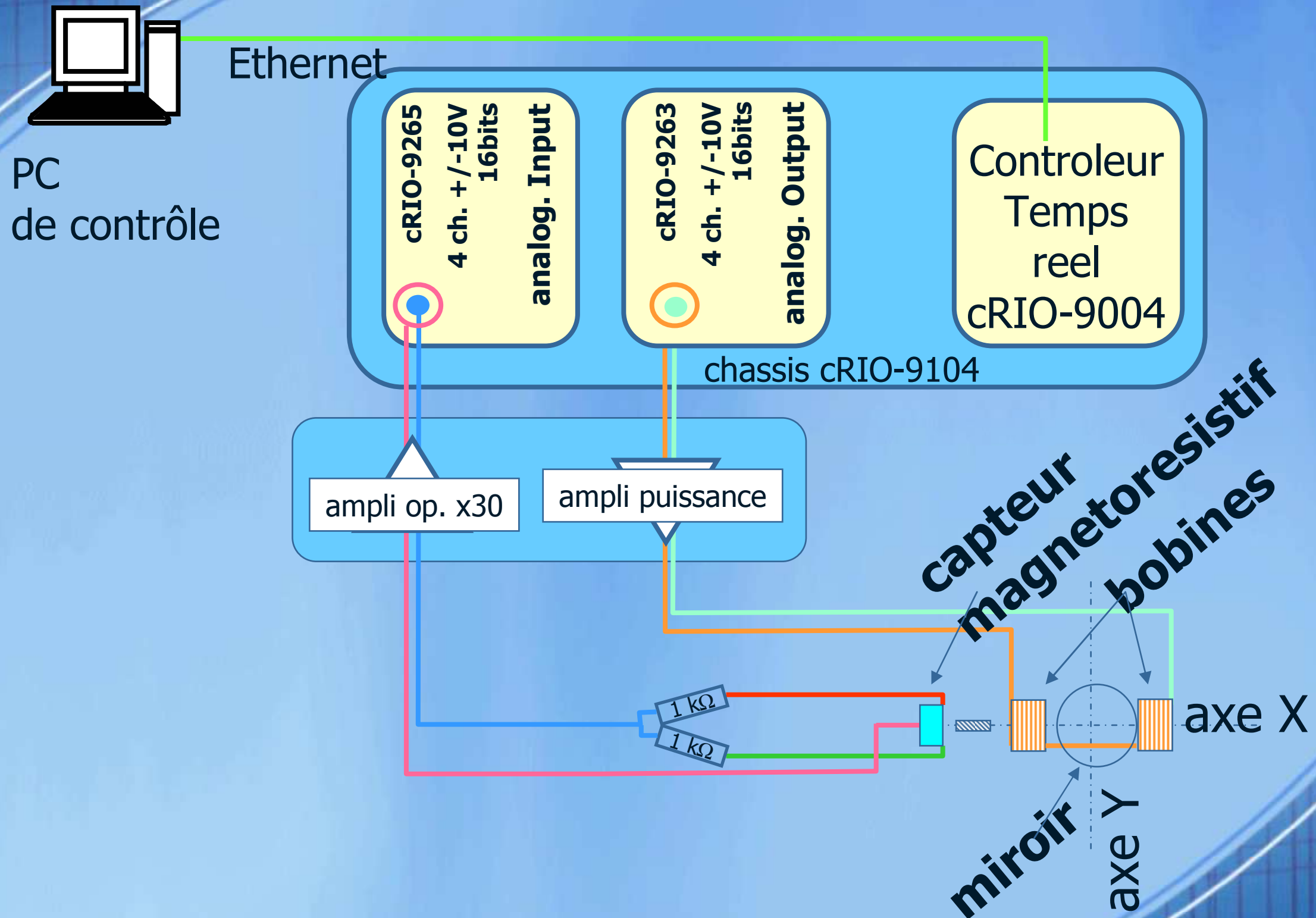
+



- Contrôleur embarqué temps réel
- Fonctionnement -40°C à 70 °C
- Programmation LabVIEW 8.0
- Communication Ethernet
- Processeur Pentium de 200 MHz
- 64 Mo de RAM et 512 Mo de stockage

Boîtier temps réel cRIO 9004

Description du setup



Commande et boucle d'asservissement sous LabVIEW

Asservissement utilisé

- ~~*Méthode classique. PID*~~

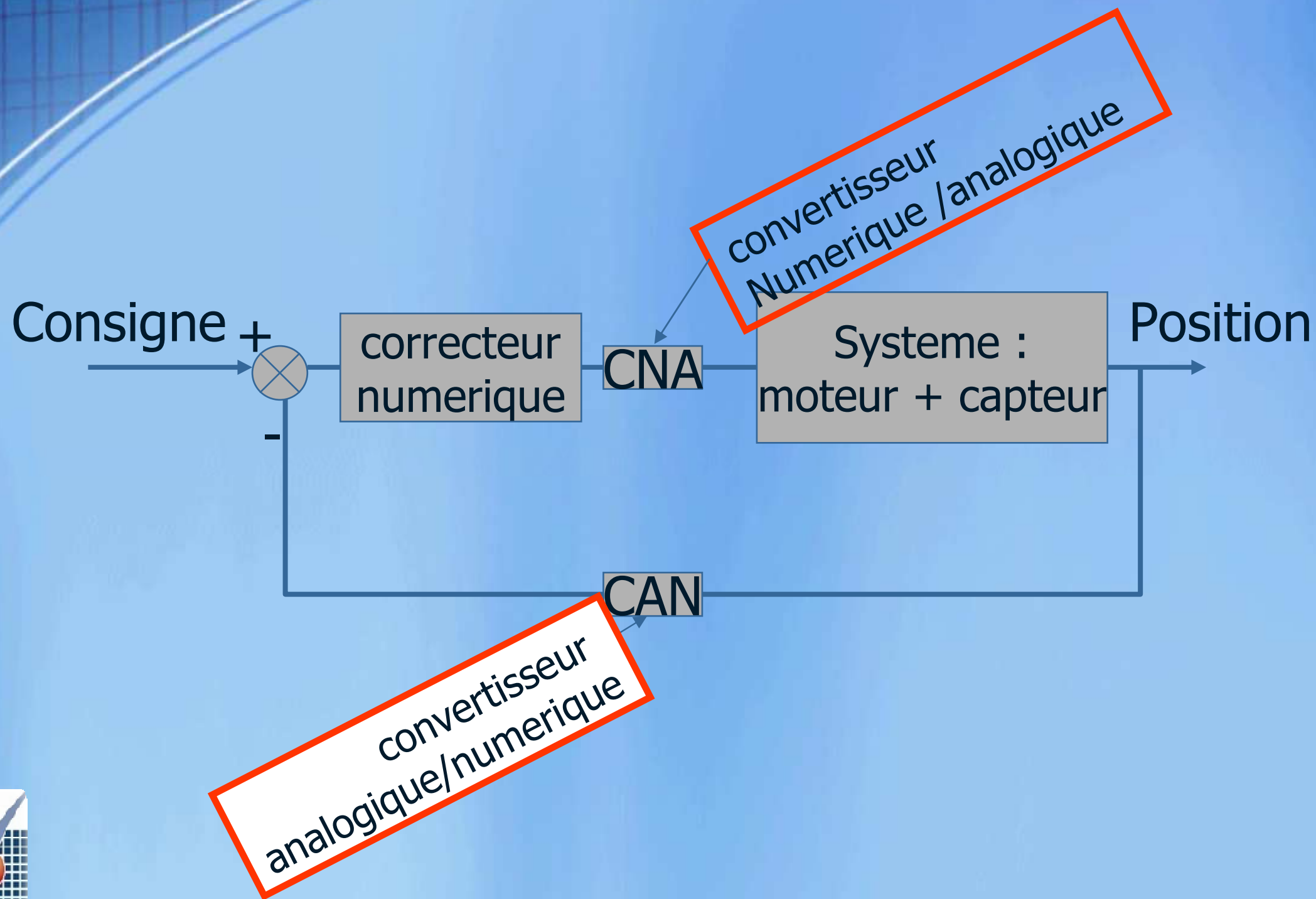
- Méthode choisie:

**contrôleur astatique calculé par
placement de pôles**

- Conditions d'utilisation diverses : 140 K ou température ambiante ;
- Modifications mécaniques possibles du steering

→ Les paramètres du correcteurs peuvent être recalculés à tous moment .

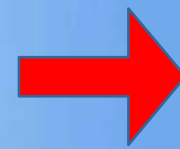
Boucle d'asservissement



Génération d'un correcteur

Pour générer un correcteur :

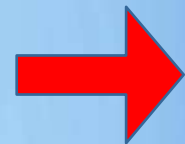
1. On perturbe le système en boucle ouverte
2. On modélise le comportement de la boucle ouverte
3. Génération du modèle en boucle fermée



Fonction creneau d'amplitude A

$$H(z) = \frac{N_{BO}}{D_{BO}} = \frac{az^{-2} + bz^{-3}}{c + dz^{-1} + ez^{-2} + fz^{-3}}$$

$$F(z) = N_{BO}(z) \cdot K_0 \frac{1 - K_c}{1 - K_c \cdot z^{-1}}$$



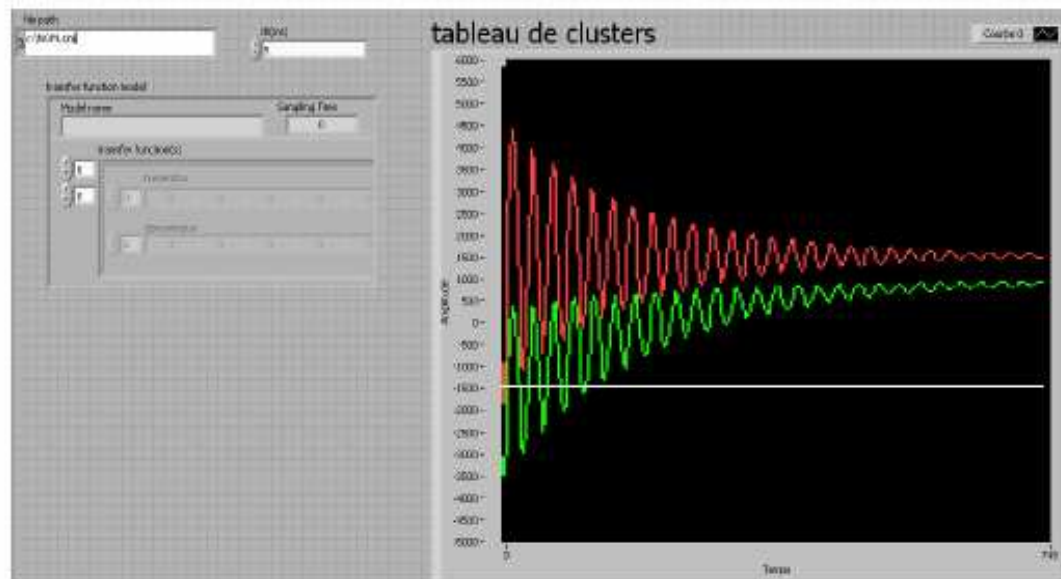
Paramètre d'amortissement K_C

$$C(z, A, K_C) = \frac{F(z)}{1 - F(z)} \cdot \frac{1}{H(z)}$$

4. On génère un correcteur à partir des modélisations

Sous LabVIEW

Identification en Boucle ouverte



FACE AVANT D'INTERFACE UTILISATEUR

FACE ARRIERE DE PROGRAMMATION

Gestion des Entrées/Sortie avec la couche FPGA

Perturbation

Génération des coefficients du modèle en BO

Sauvegarde

Affichage graphique de l'impulsion, de la réponse du système et de la modélisation en boucle ouverte

Génération d'une perturbation créneau

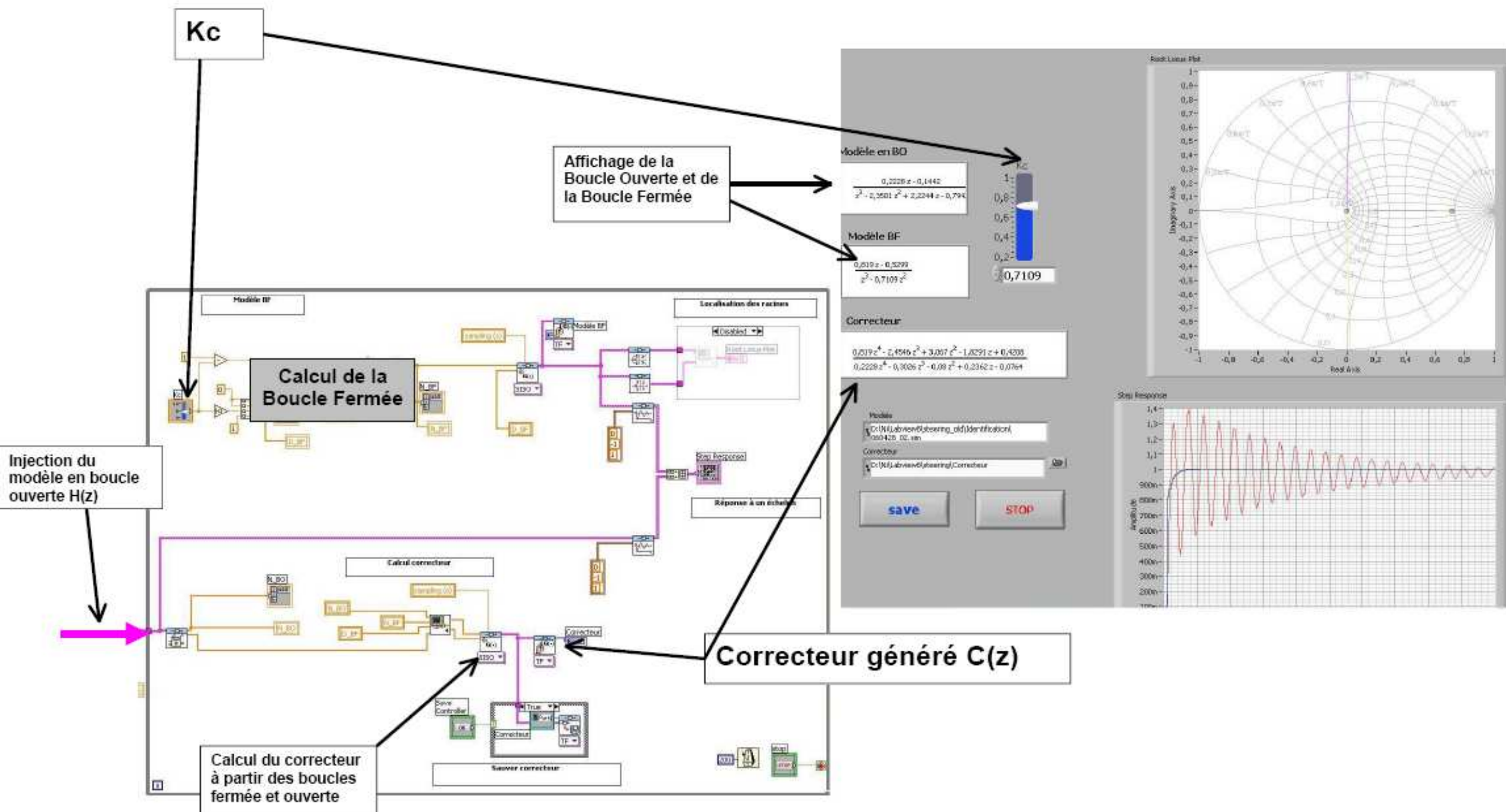
Boucle d'écriture et de lecture des informations

Degré du modèle (fraction rationnelle) = degré du numérateur et du dénominateur

Transformée en z inverse

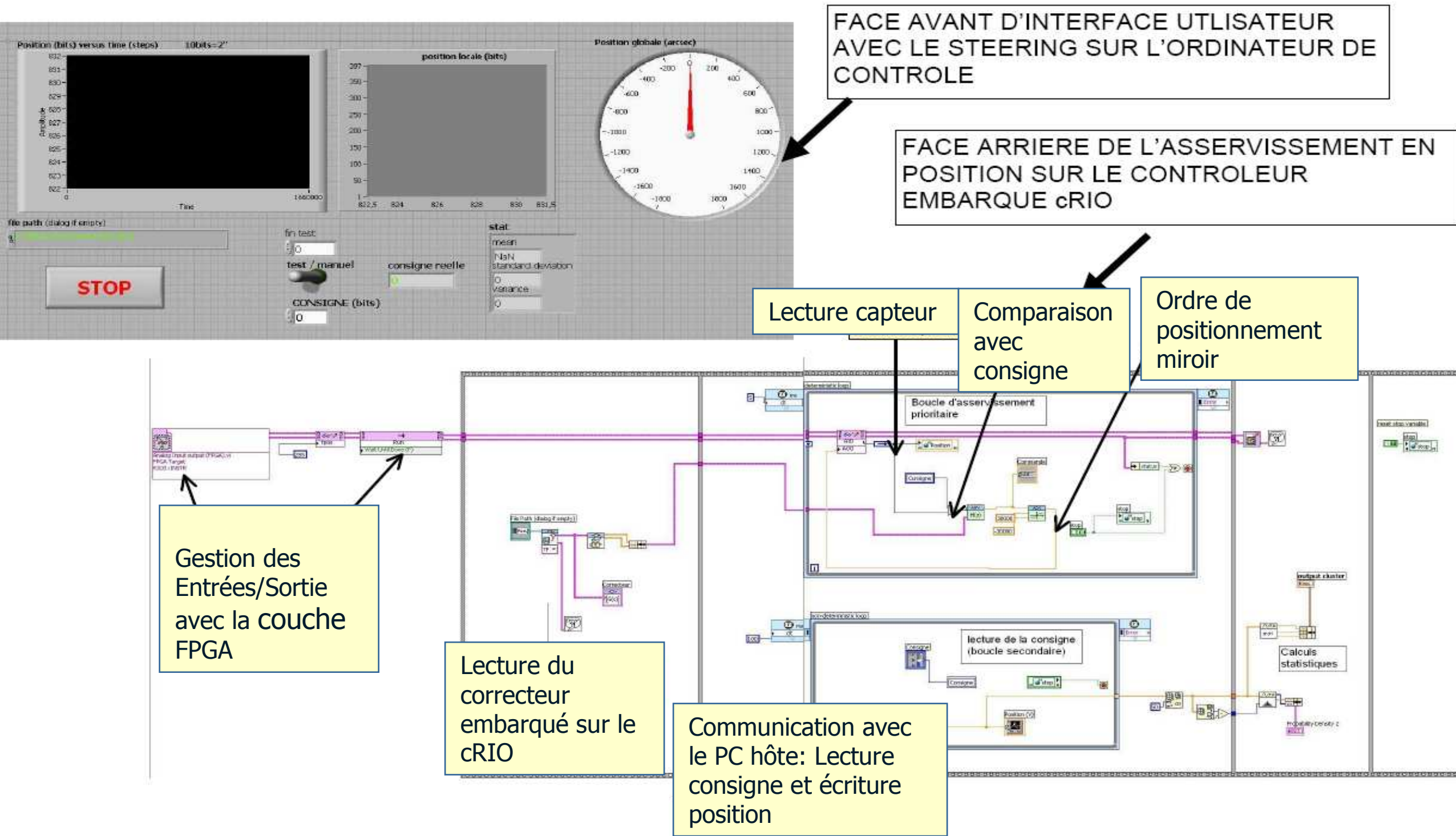
Sous LabVIEW

Génération d'un correcteur



Sous LabVIEW

Commande du miroir en temps réel sur le cRIO



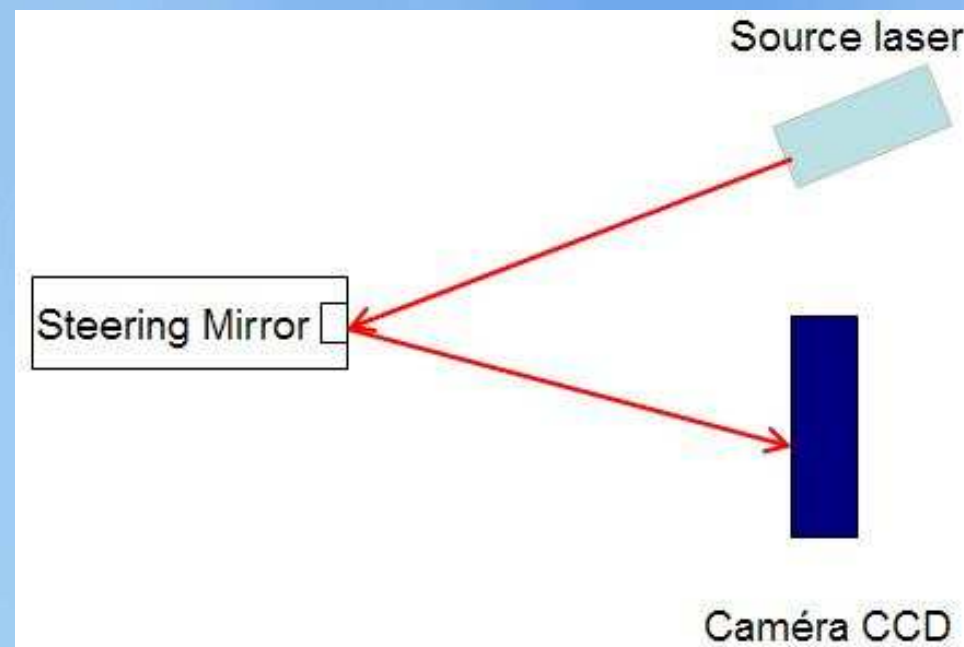
Performances obtenues



Les tests

- **On étalonne l'ensemble :**

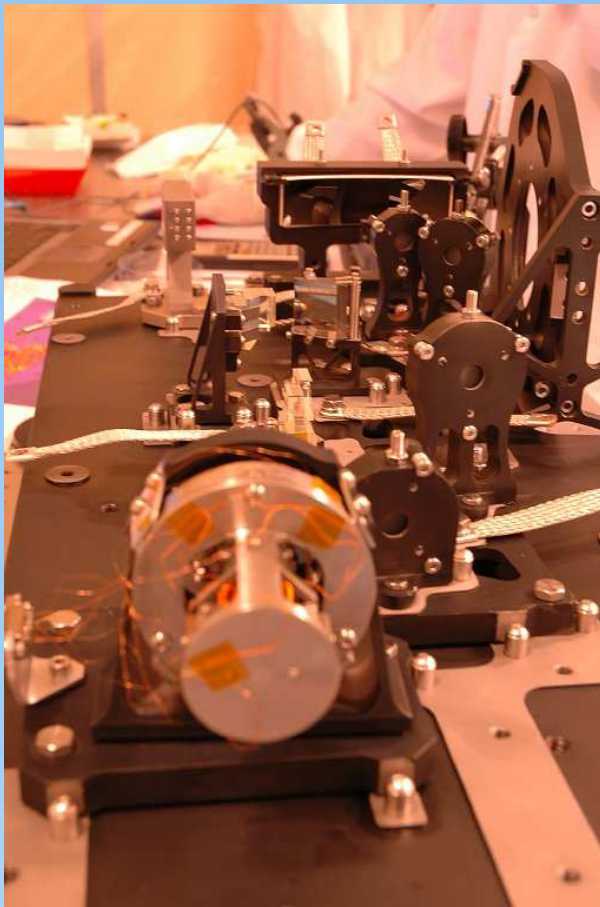
correspondance *bits cRIO* \leftrightarrow *angle de bascule*



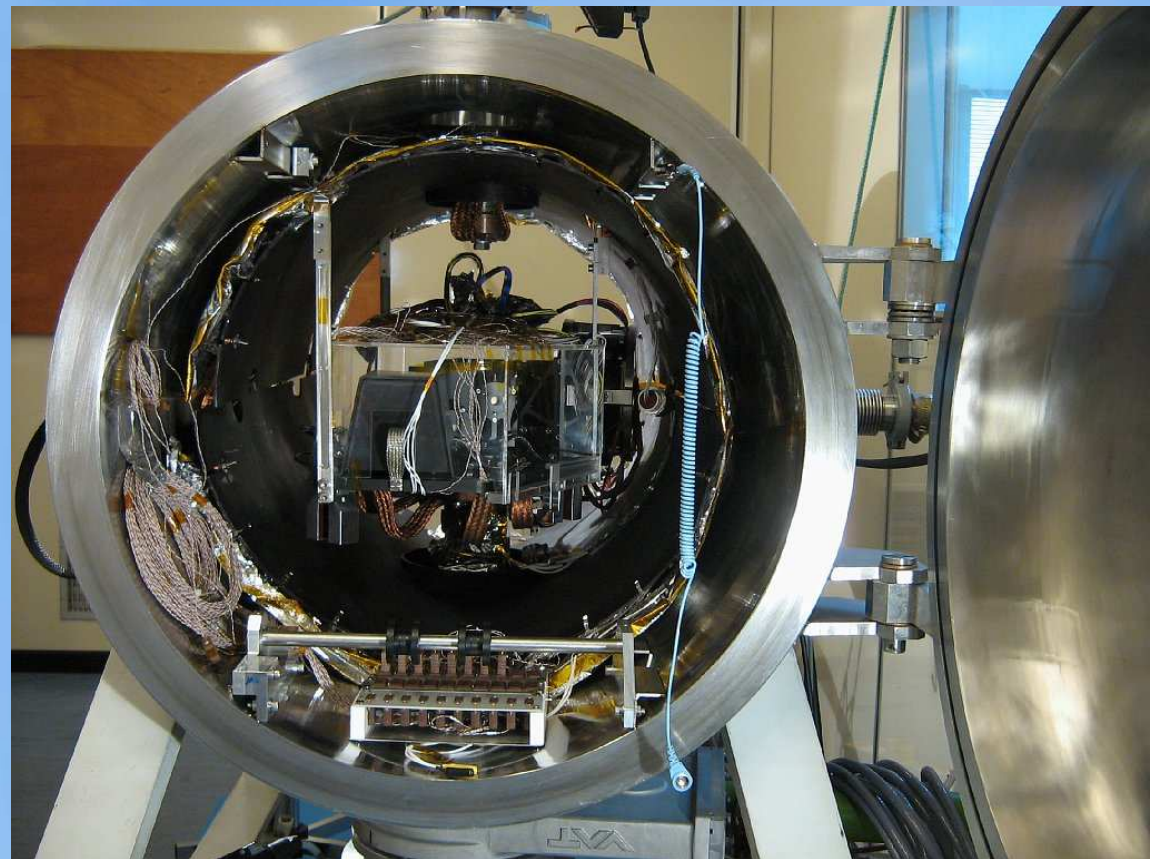
Les tests

2 campagnes de tests

A température ambiante



En cryogénie à 100 K



Les tests

Performances obtenues

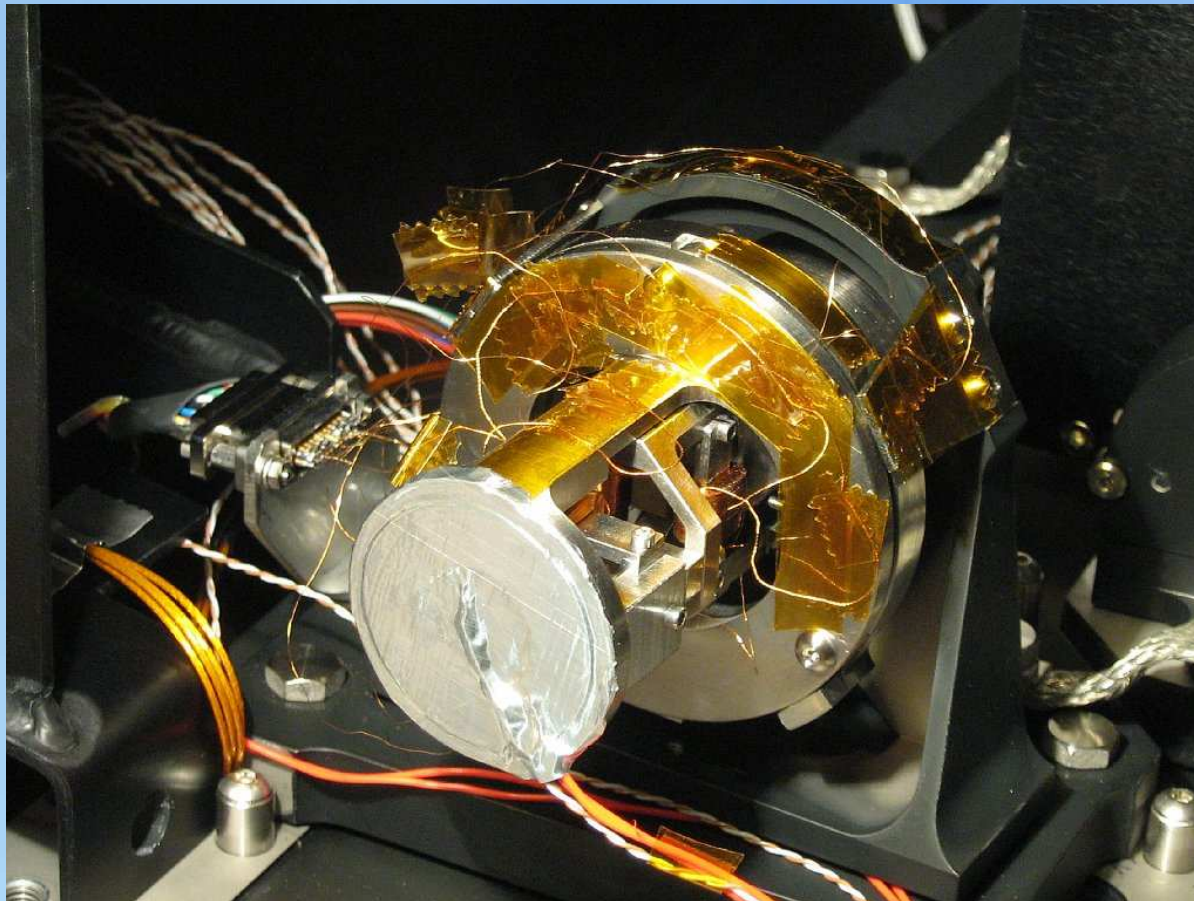
Le steering mirror a toujours été stable et performant pendant les campagnes de test

Performances en stabilité :

	Spécifications	Performances
Axe X (vertical)	13 Arcsecondes	< 5 arcsec
Axe Y (horizontal)	13 Arcsecondes	~ 0.8 arcsec

Conclusion

- Labview + temps réel
- Performances obtenues en stabilité
- Intégré au démonstrateur de spectrographe de SNAP
→ 2 campagnes de test



Etalonnage et asservissement d'un miroir pivotant cryogénique

Thomas SOILLY
CPPM – IN2P3
soilly@cppm.in2p3.fr

