

# Incertitude du signal NCal pour O4

Antoine SYX



# Incertitudes du système de NCal pour O3

Parameter	NCal near [%]	NCal far [%]
NCal to mirror distance $d$	2.02	1.31
NCal to mirror angle $\Phi$	0.28	0.19
NCal vertical position $z$	0.03	0.01
Rotor geometry	0.53	0.53
Modeling method	0.018	0.017
Mirror torque from NCal	0.05	0.03
Total	2.1	1.4



NCal near à 1.3 m

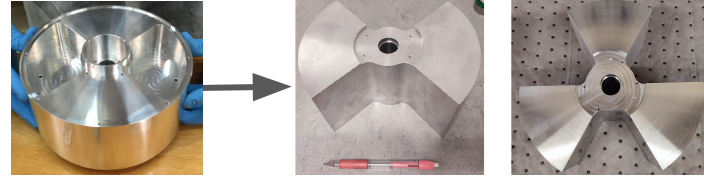
NCal far à 1.9 m

La position du NCal est la principale incertitude suivie par la géométrie du rotor

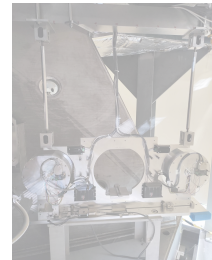
# Sources d'incertitudes principales

## → Géométrie des rotors

- ◆ Simplification de la géométrie
- ◆ Usinage
- ◆ Métrologie (rayon, épaisseur, angles d'ouverture des secteurs)

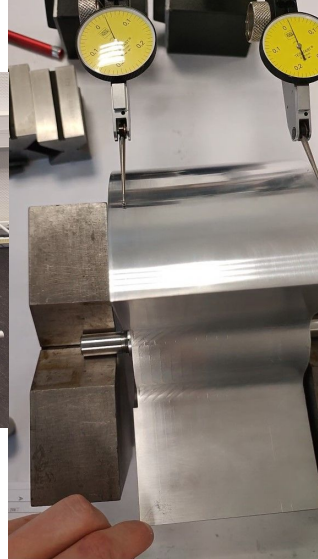
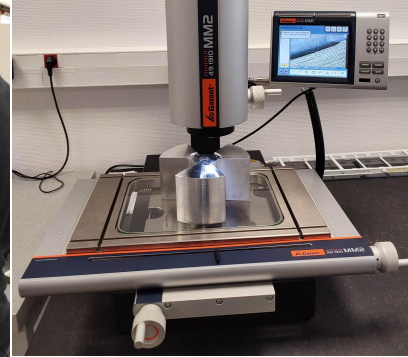
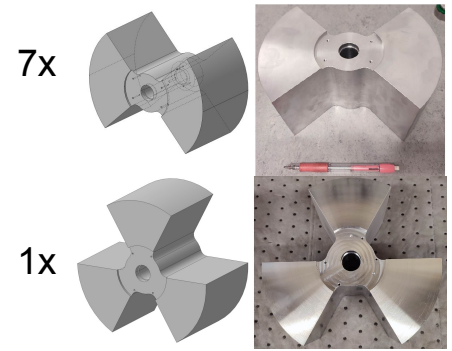


- Distance de chaque NCal au miroir
  - La position du miroir est mal connue
  - Utilisation de plusieurs NCal avec positions relatives connues



# Production, usinage et métrologie des rotors

- 7+1 rotors produits à l'IPHC en Al7075
  - ◆ 208 mm de diamètre et 104.4 mm d'épaisseur
  - ◆ Angles d'ouverture de (7x) 90° et (1x) 60°



# Incertitudes sur la géométrie du rotor

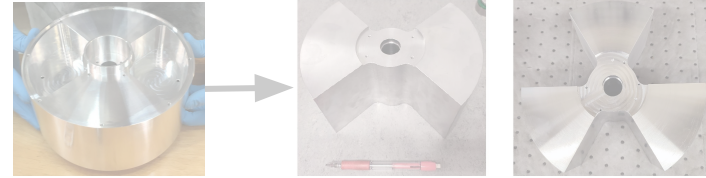
R4-01 rotor parameter advanced model (23°C)			NCal 2f signal uncertainty	
name	mean value	uncertainty	formula	value (%)
Density $\rho$ (kg.m <sup>-3</sup> )	2808.1	0.2	$\delta\rho/\rho$	0.007
Thickness $b$ left sector (12 sub-sectors) (mm)	104.322	$1.3 \times 10^{-2}$	$\delta b/b$	0.012
Thickness $b$ right sector (12 sub-sectors) (mm)	104.307			
$r_{max}$ left sector (8 ext sub-sectors) (mm)	104.031	$1.0 \times 10^{-2}$	$4\delta r_{max}/r_{max}$	0.037
$r_{max}$ right sector (8 ext sub-sectors) (mm)	104.040			
$G$ (m <sup>3</sup> .kg <sup>-1</sup> .s <sup>-2</sup> )	$6.67430 \times 10^{-11}$	$1.5 \times 10^{-15}$	$\delta G/G$	0.002
Temperature $T$ (°C)	23	3	$\left  \frac{\partial h}{\partial T} \right  \frac{\Delta T}{h}$	0.014
Modelling Uncertainty				0.014
FROMAGE grid uncertainty				0.005
Opening angle and sector asymmetry uncertainty				$< 5 \times 10^{-4}$
Remaining geometry uncertainty				$< 5 \times 10^{-4}$
Total uncertainty from the rotor (quadratic sum)				0.045

Rotor	Relative 2f <sub>rotor</sub> signal difference to R4-01 (%)	Signal uncertainty (%)
<a href="#">R4-01</a>	0	0.045
<a href="#">R4-02</a>	-0.132	0.059
<a href="#">R4-03</a>	-0.094	0.061
<a href="#">R4-04</a>	-0.123	0.067
<a href="#">R4-05</a>	-0.094	0.071
<a href="#">R4-06</a>	-0.094	0.064
<a href="#">R4-07</a>	-0.066	0.074

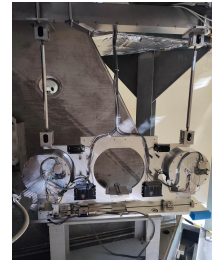
- Incertitude de la géométrie du rotor sur le signal ~ 0.07%
  - ◆ Rappel : Incertitude de 0.53% pour O3
- Différence des incertitudes dûes aux variations des rayons

# Sources d'incertitudes principales

- Géométrie des rotors
  - Simplification de la géométrie
  - Usinage
  - Métrologie (rayon, épaisseur, angles d'ouverture des secteurs)



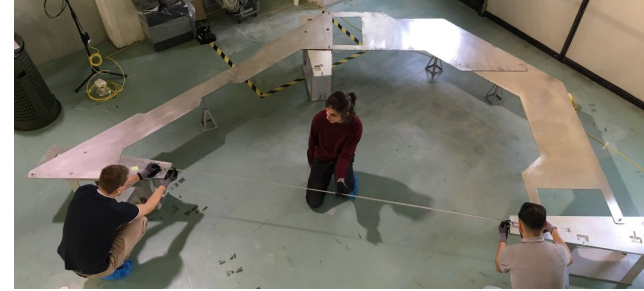
- Distance de chaque NCal au miroir
- ◆ La position du miroir est mal connue
  - ◆ Utilisation de plusieurs NCal avec positions relatives connues



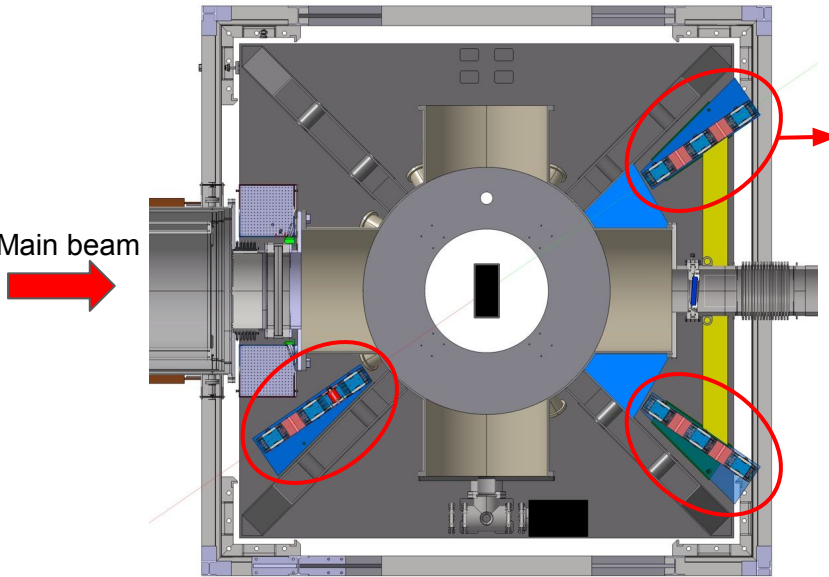
# Positionnement des NCals

6 NCals installés sur site autour du miroir NE (d'Octobre 2021 à Juillet 2022):

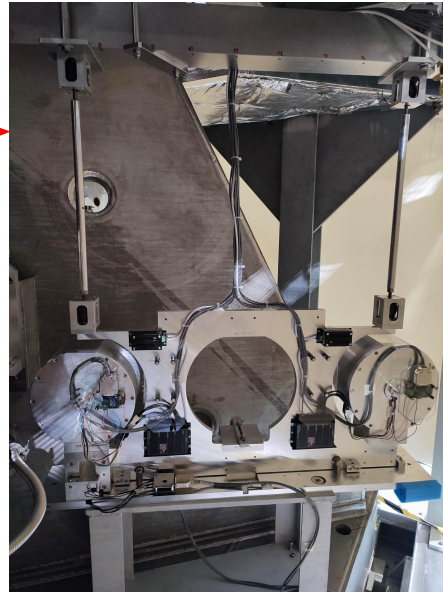
- Paires de NCals montés sur 3 plaques suspendues
  - Mesure de la position des NCals à l'aide de capteurs sur plaques de référence
  - Position des plaques de référence connues entre 0.4 mm et 0.9 mm



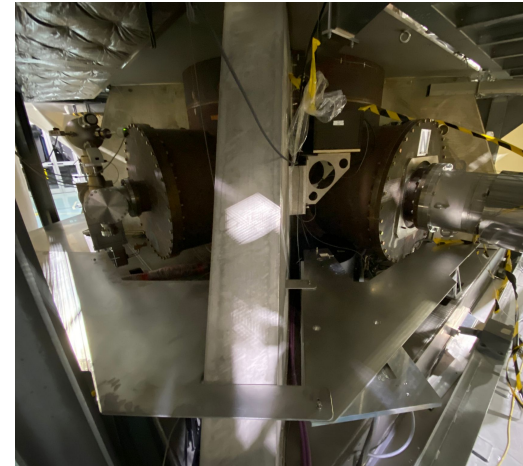
Top view of end tower



NCal setup

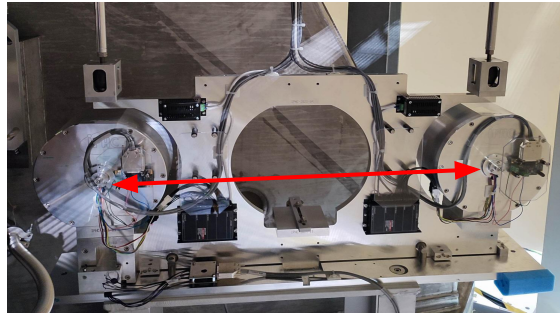
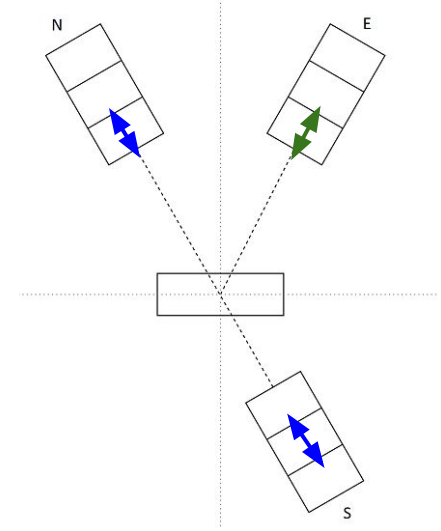


Gabarit utilisé pour positionner les plaques de référence



# Incertitudes sur la position des NCals

- Sur la distance d'un NCal au centre théorique
  - NCals sur l'axe Nord-Sud:  $0.93/\sqrt{2} = \mathbf{0.66\text{ mm}}$ 
    - Différence entre gabarit et mesures des géomètres
  - NCals sur le setup Est :  $\sim\mathbf{0.1\text{ mm}}$
- Sur la distance entre 2 NCals sur le même support :  $\mathbf{0.05\text{ mm}}$





# Déterminer la position du miroir et le facteur de calibration C

## 3 NCals

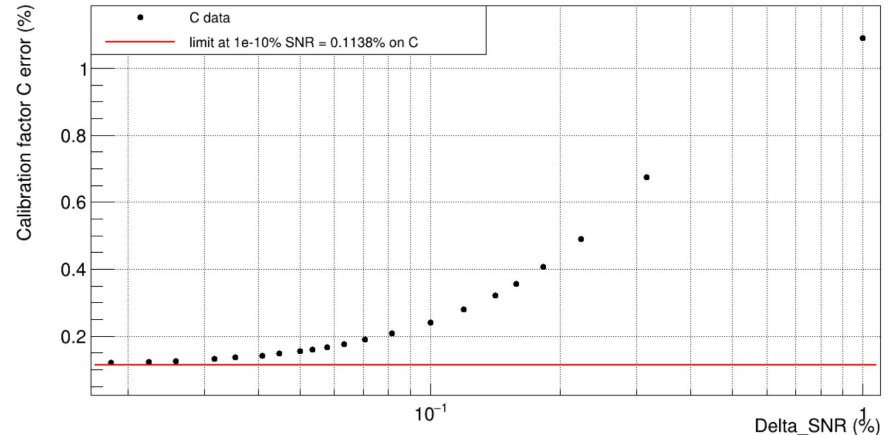
Simuler les amplitudes de **3 NCals** : **3 inconnues** ( $x_{\text{miroir}}$ ,  $y_{\text{miroir}}$ , **C**)

- Meilleurs résultats pour 3 NCals en Nord, Est et Sud (à ~1.7 m):
  - Position (x,y) du miroir précise à **1.3 mm** et facteur de calibration C à **0.24%** (pour 0.1% SNR à 1.3 m)

Erreur sur le facteur de calibration en fonction de l'erreur statistique ratio signal sur bruit (SNR):  
Si le temps d'intégration  $\nearrow$  l'erreur  $\searrow$

Asymptote :  $\delta C \rightarrow 0.11\%$

→ **Limité par l'erreur sur la position des NCals**



# Déterminer la position du miroir et le facteur de calibration C

## 2 NCals

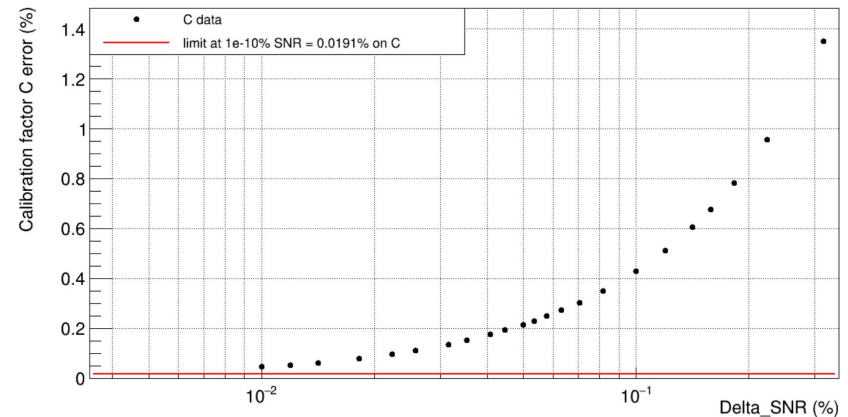
Simuler les amplitudes de 2 NCals : 2 inconnues ( $d_{\text{miroir}}$ , C)

- Meilleurs résultats pour 2 NCals en Sud (à  $\sim 1.3$  m et  $\sim 2.1$  m):
  - Position du miroir précise à **2.8 mm** et facteur de calibration C à **0.43%** (pour 0.1% SNR à 1.3 m)

Erreur sur le facteur de calibration en fonction de l'erreur statistique ratio signal sur bruit (SNR):  
Si le temps d'intégration  $\nearrow$  l'erreur  $\searrow$

Asymptote :  $\delta C \rightarrow 0.02\%$   
(Pour 2 NCals à 1.7 m et 2.1 m  $\delta C \rightarrow 0.04\%$ )

→ **Limité par l'erreur sur la position des NCals**



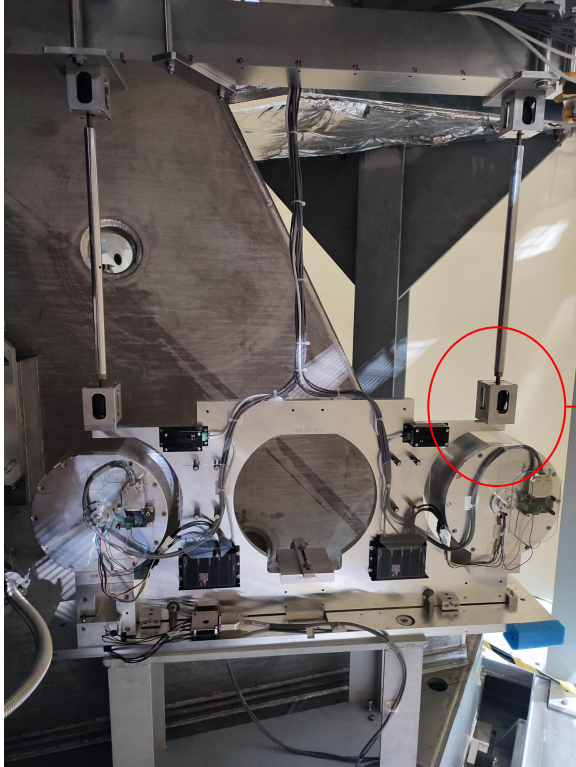
# Incertitudes globales du système NCal sur le signal pour O4

O3

Attentes pour O4

Parameter	NCal near [%]	NCal far [%]	
NCal to mirror distance $d$	2.02	1.31	} → < 0.24%
NCal to mirror angle $\Phi$	0.28	0.19	
NCal vertical position $z$	0.03	0.01	
Rotor geometry	0.53	0.53	} → < 0.1%
Modeling method	0.018	0.017	
Mirror torque from NCal	0.05	0.03	
<b>Total</b>	<b>2.1</b>	<b>1.4</b>	→ ~ <b>0.3%</b>

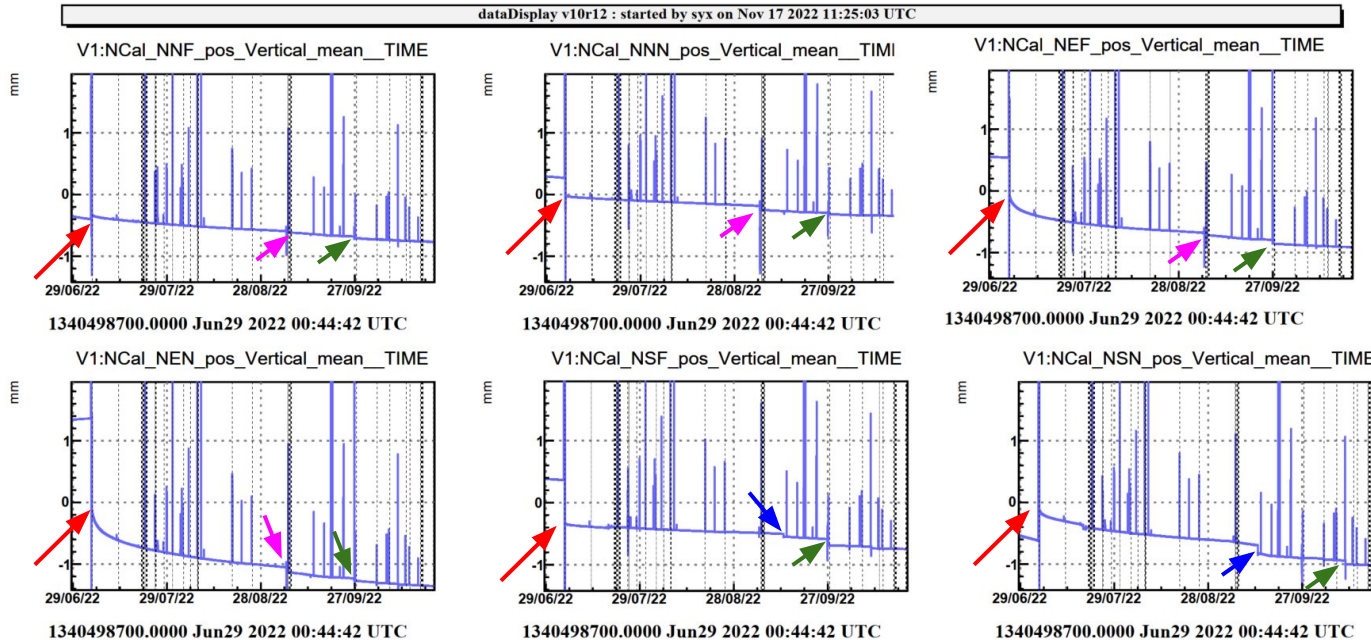
# Stabilité de la suspension



# Décalage vertical des plaques suspendues

➤ Mise à zéro le 25/07/2022

Pertes de données lors des pics verticaux (électronique)

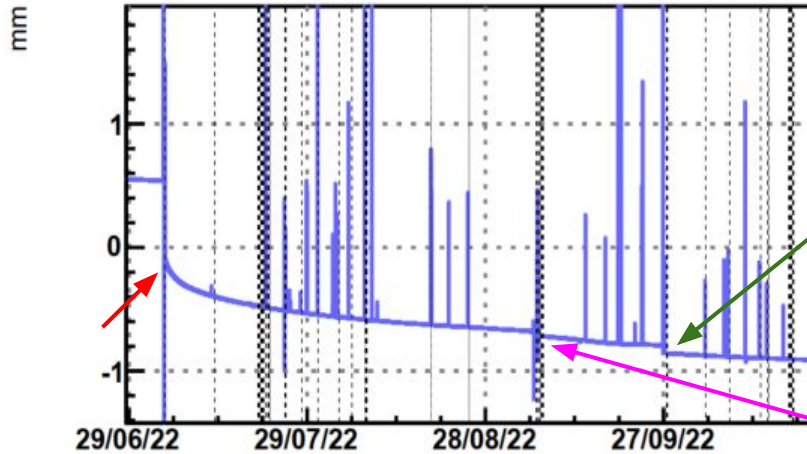


Allant de **0.2 mm** jusqu'à **1.4 mm** (pour le setup Est car ajout de 2 NCals lors d'une intervention)

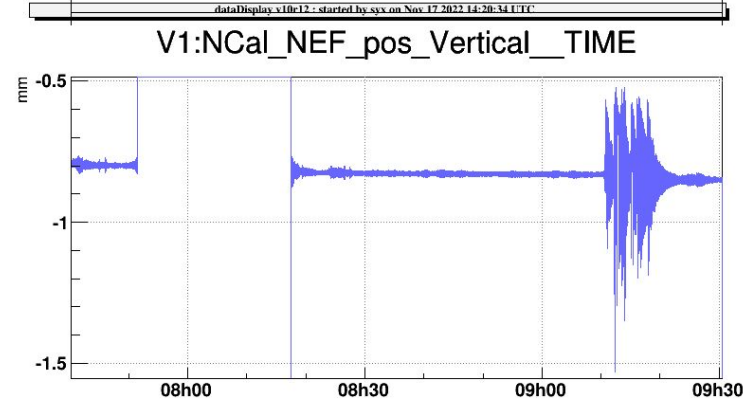
# Origine des chutes/sauts de données

- Intervention sur la structure le 05/09/2022
- Intervention Benoit le 27/09/2022

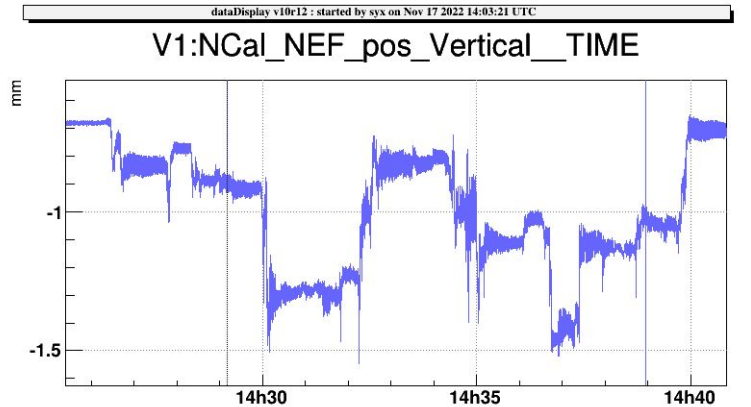
V1:NCal\_NEF\_pos\_Vertical\_mean\_\_TIME



1340498700.0000 Jun29 2022 00:44:42 UTC



1348299634.4620 Sep27 2022 07:40:16 UTC



1346423142.5220 Sep 5 2022 14:25:24 UTC

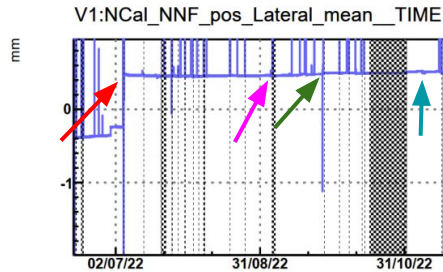
➔ Intervention humaine sur le site à proximité des NCals

# Décalage latéral des plaques suspendues

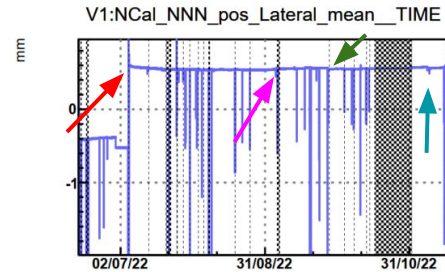
- Mise à zéro le 25/07/2022
- Intervention sur la structure le 05/09/2022
- Activité le 13/09/2022
- Intervention Benoit le 27/09/2022
- Activité le 11/10/2022

Pertes de données lors des pics verticaux (électronique)

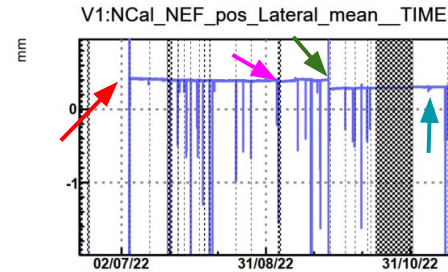
dataDisplay v10r12 : started by syx on Nov 17 2022 13:45:36 UTC



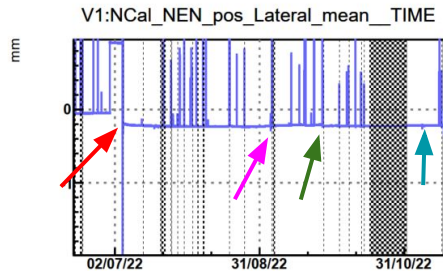
1339233500.0000 Jun14 2022 09:18:02 UTC



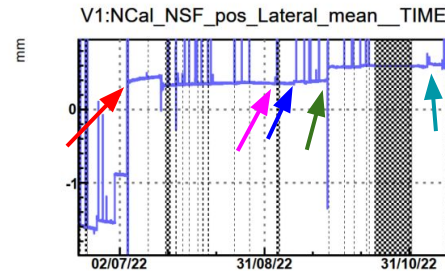
1339233500.0000 Jun14 2022 09:18:02 UTC



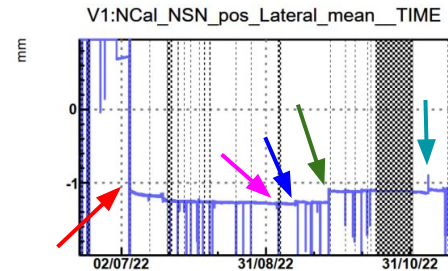
1339233500.0000 Jun14 2022 09:18:02 UTC



1339269200.0000 Jun14 2022 19:13:02 UTC



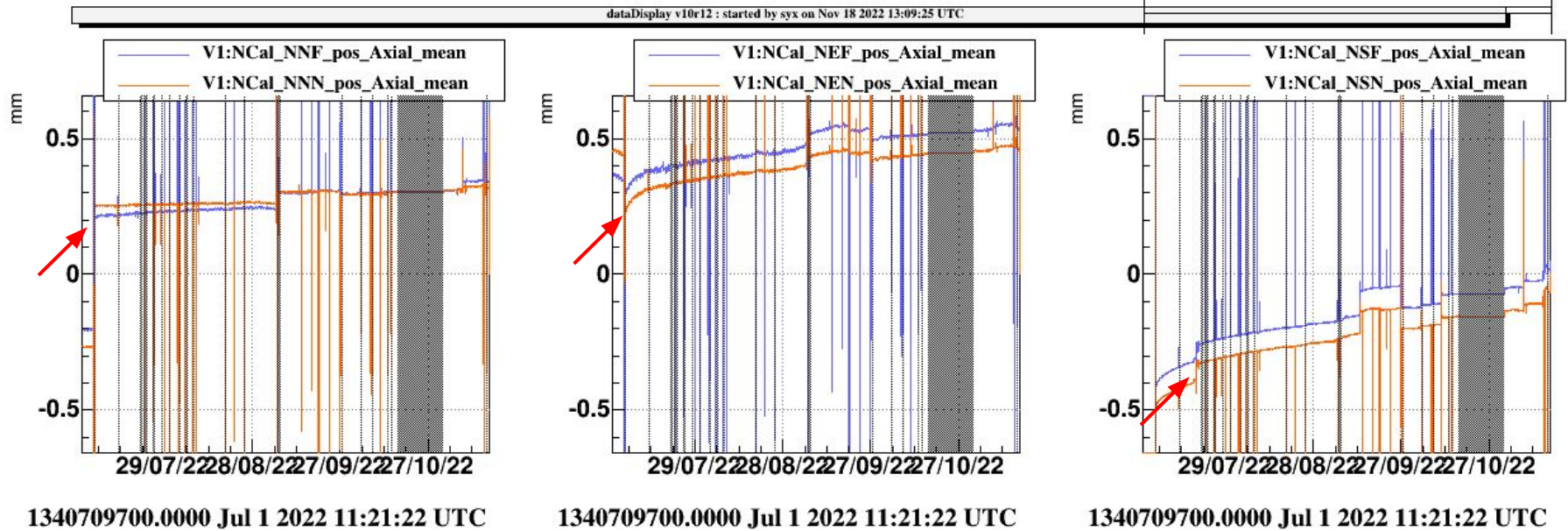
1339269200.0000 Jun14 2022 19:13:02 UTC



1339233500.0000 Jun14 2022 09:18:02 UTC

Allant de 0.1 mm  
jusqu'à 0.3 mm

# Décalage axial des plaques suspendues



Allant de **0.1 mm** jusqu'à **0.5 mm**

Conclusions sur les suspensions:

- L'électronique fonctionne bien
- La stabilité mécanique est suffisante