Comité de suivi de thèse 2ème année

Préparation de l'expérience Hyper-Kamiokande

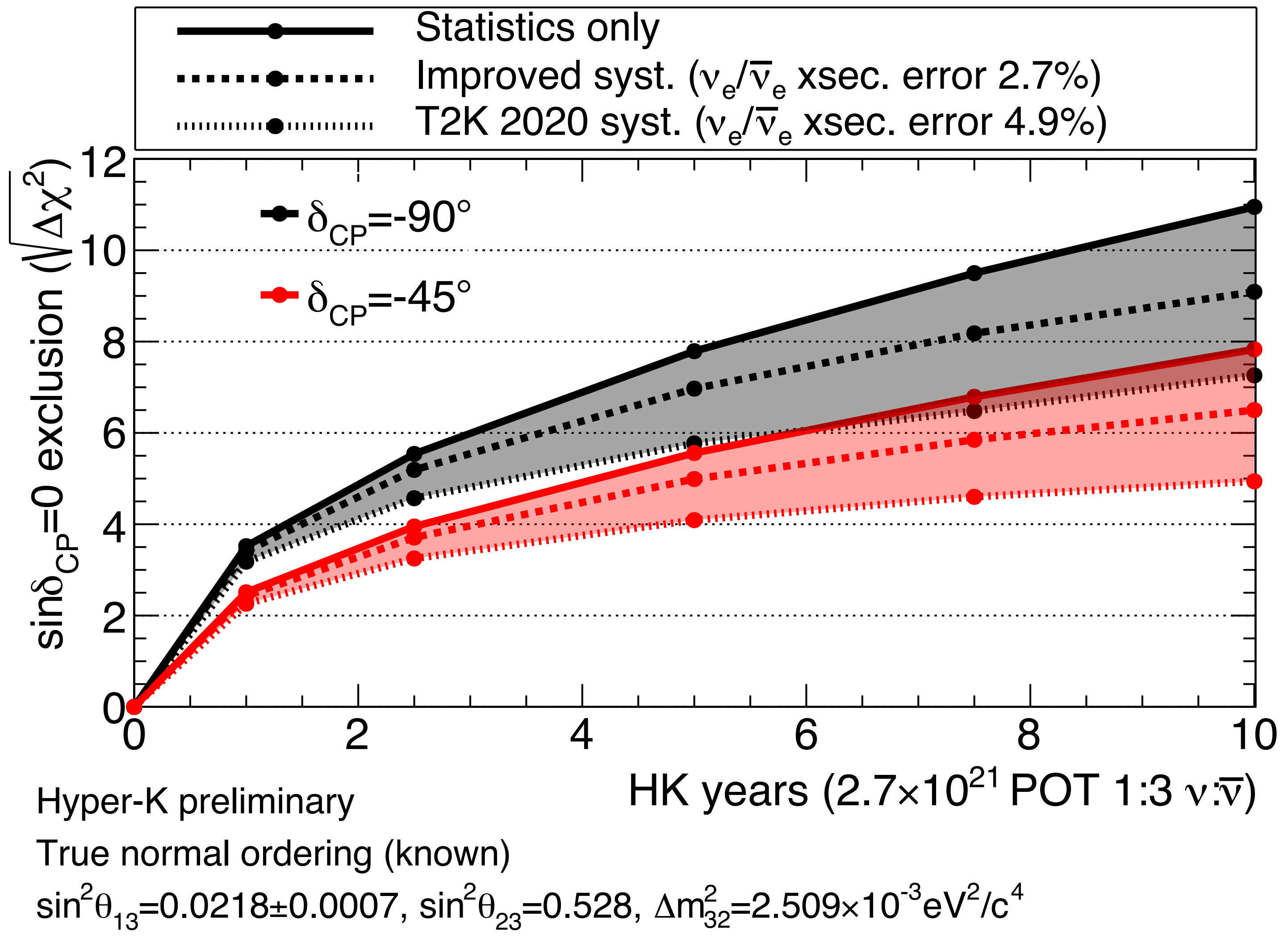
Contents

- Études de sensibilité pour HK
- Synchronisation de HK avec J-PARC et l'UTC
- Calibration et analyse des données de NA61/SHINE sur la cible réplique de T2K
- Présentations et conférences
- Articles
- Points de thèse

Études de sensibilité pour HK

Études de sensibilité pour HK

- Juin 2023: présentation au meeting de collaboration HK et annonce de la TN à venir.
- Juillet 2023: circulation de la TN au groupe de travail.
- Janvier 2024: revue de la collaboration avec comité dédié, officialisation des plots.
- Avril 2024: circulation de la dernière version.
- Les conveners ont commencé l'écriture d'un papier. Un premier draft est en circulation.

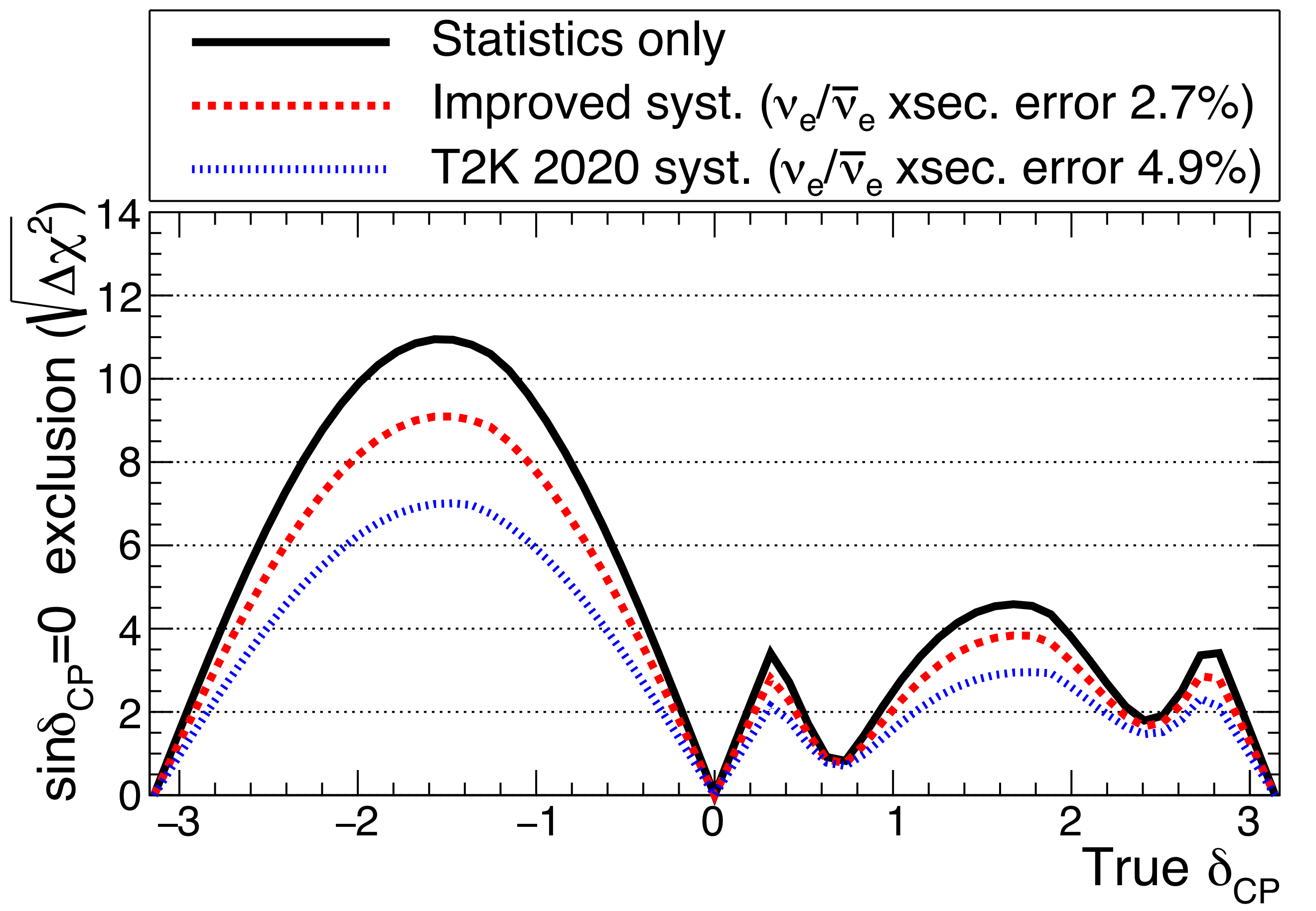


Études de sensibilité pour HK

Future

- William travaille à ajouter les neutrinos atmosphériques: un fit joint faisceau+atmosphériques permettrait une meilleure sensibilité à la hiérarchie de masse et à la violation de CP

- Chapitre du manuscrit de thèse en cours d'écriture sur ce travail



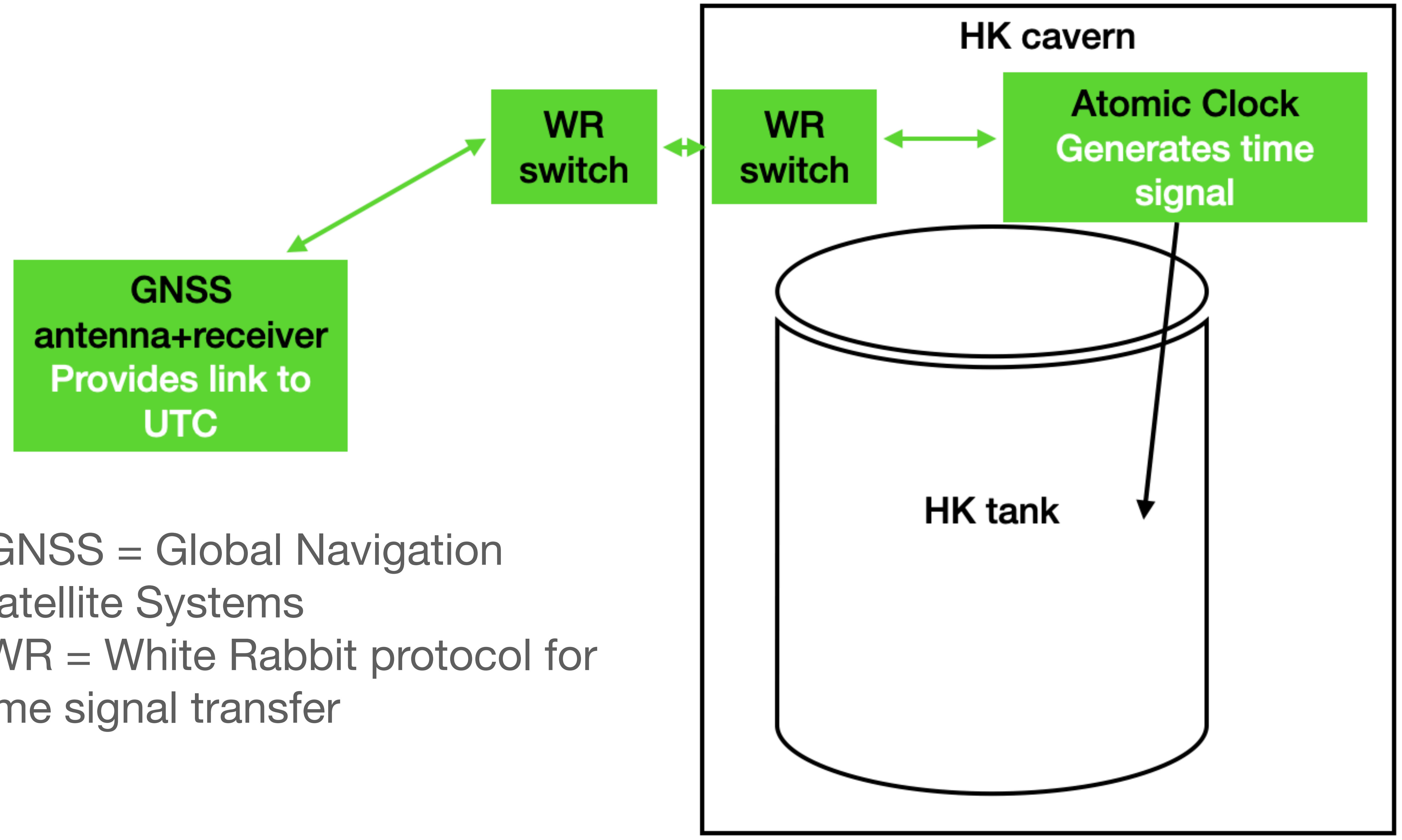
Hyper-K preliminary
True normal ordering (Unknown), 10 years (2.7×10^{22} POT 1:3 ν:$\bar{\nu}$)
$\sin^2\theta_{13}=0.0218\pm0.0007$, $\sin^2\theta_{23}=0.528$, $\Delta m^2_{32}=2.509\times10^{-3}eV^2/c^4$

Synchronisation de HK avec J-PARC et l’UTC

*UTC: Universal Time Coordinated

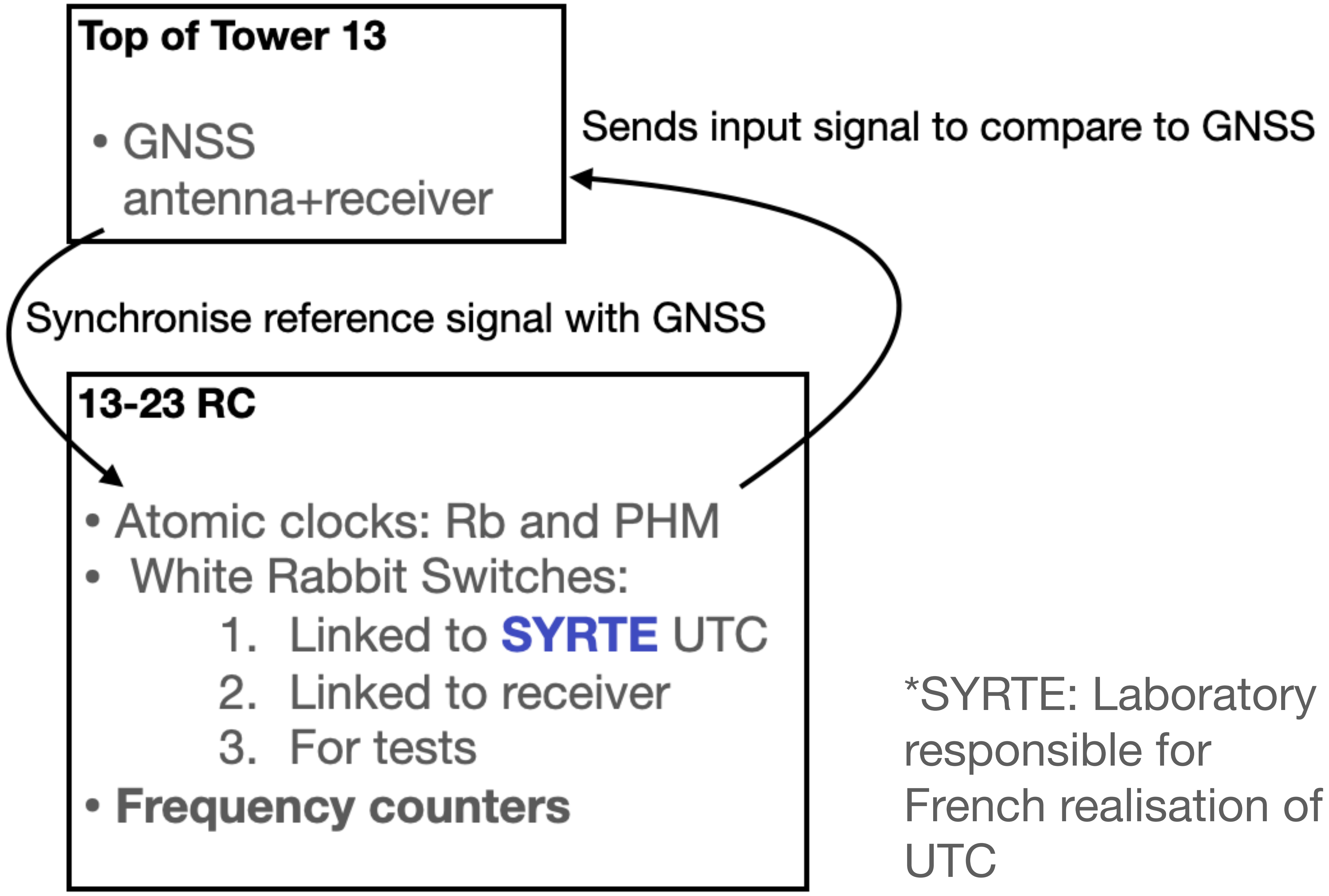
Timing distribution

Setups for the time generation



*GNSS = Global Navigation Satellite Systems
*WR = White Rabbit protocol for time signal transfer

Foreseen setup for HK



*SYRTE: Laboratory responsible for French realisation of UTC

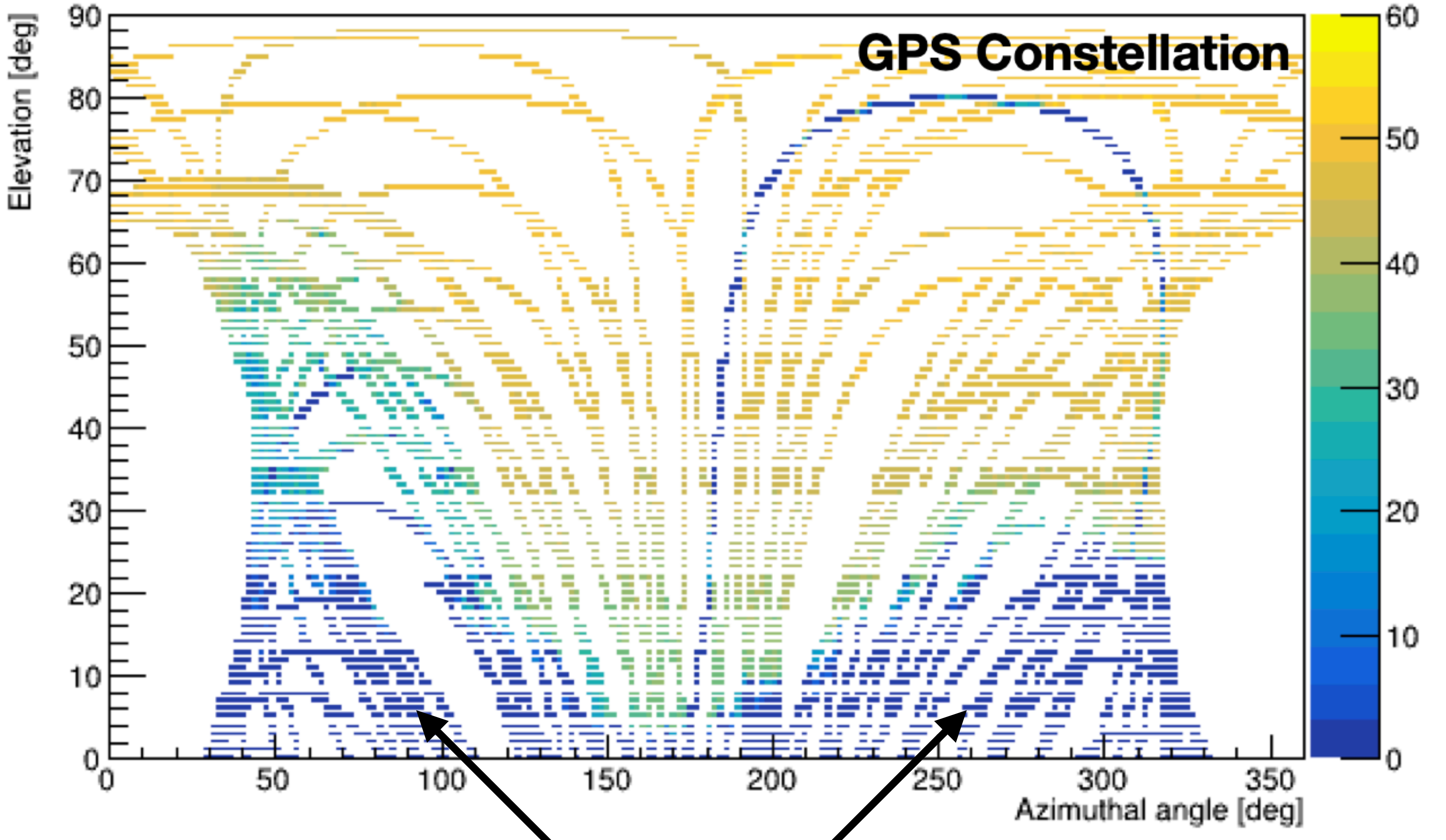
Setup at LPNHE

Timing distribution

Tests in Japan

In summer 2023, we brought an antenna in Japan to check the reception of GNSS signals on site.

Credit: Mathieu Guigue



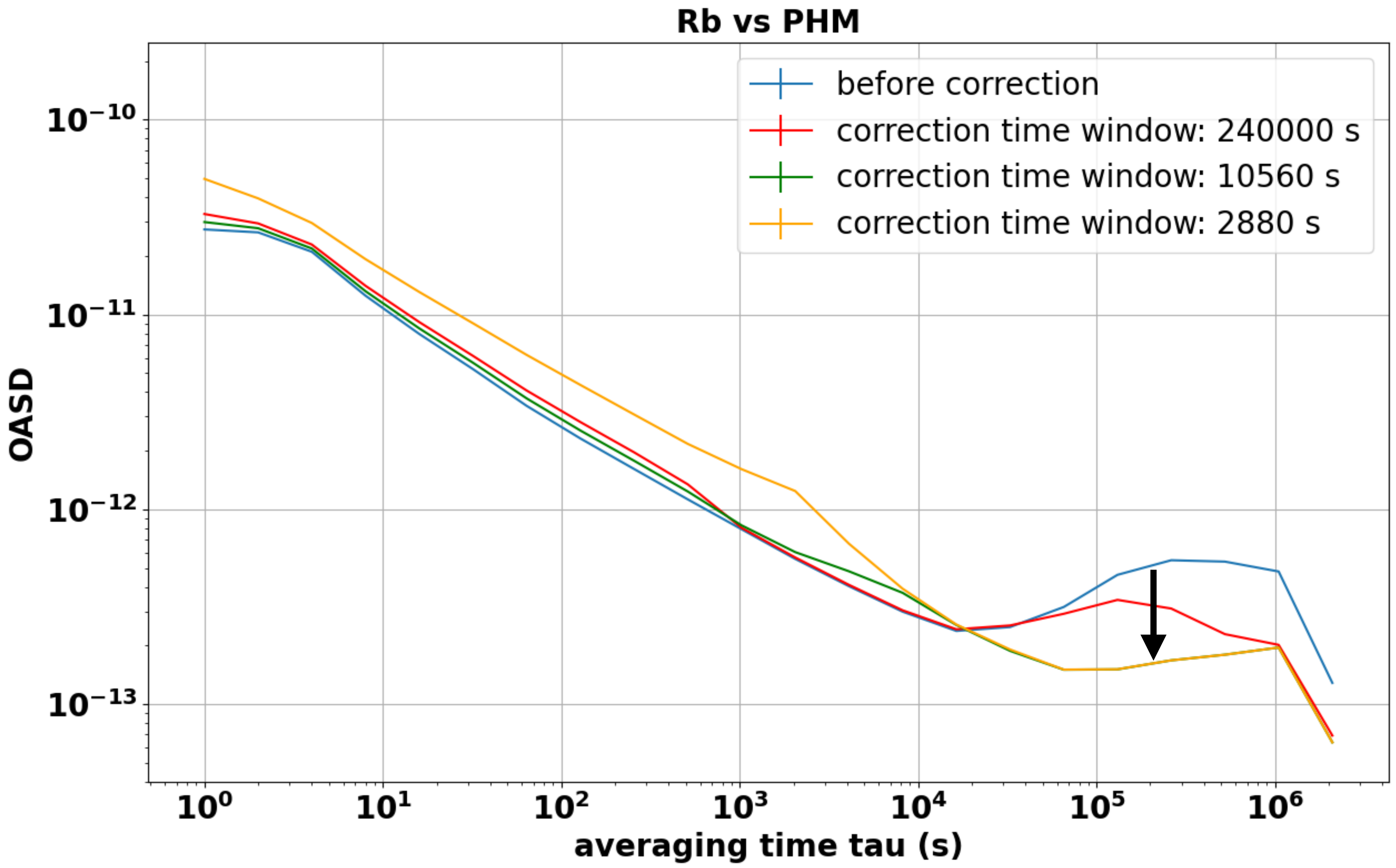
Low signal because of mountains!

Génération du temps dans HK

Test de la correction pou la synchronisation avec le GPS

2 mesures simultanées de 50 jours en février-mars 2024:

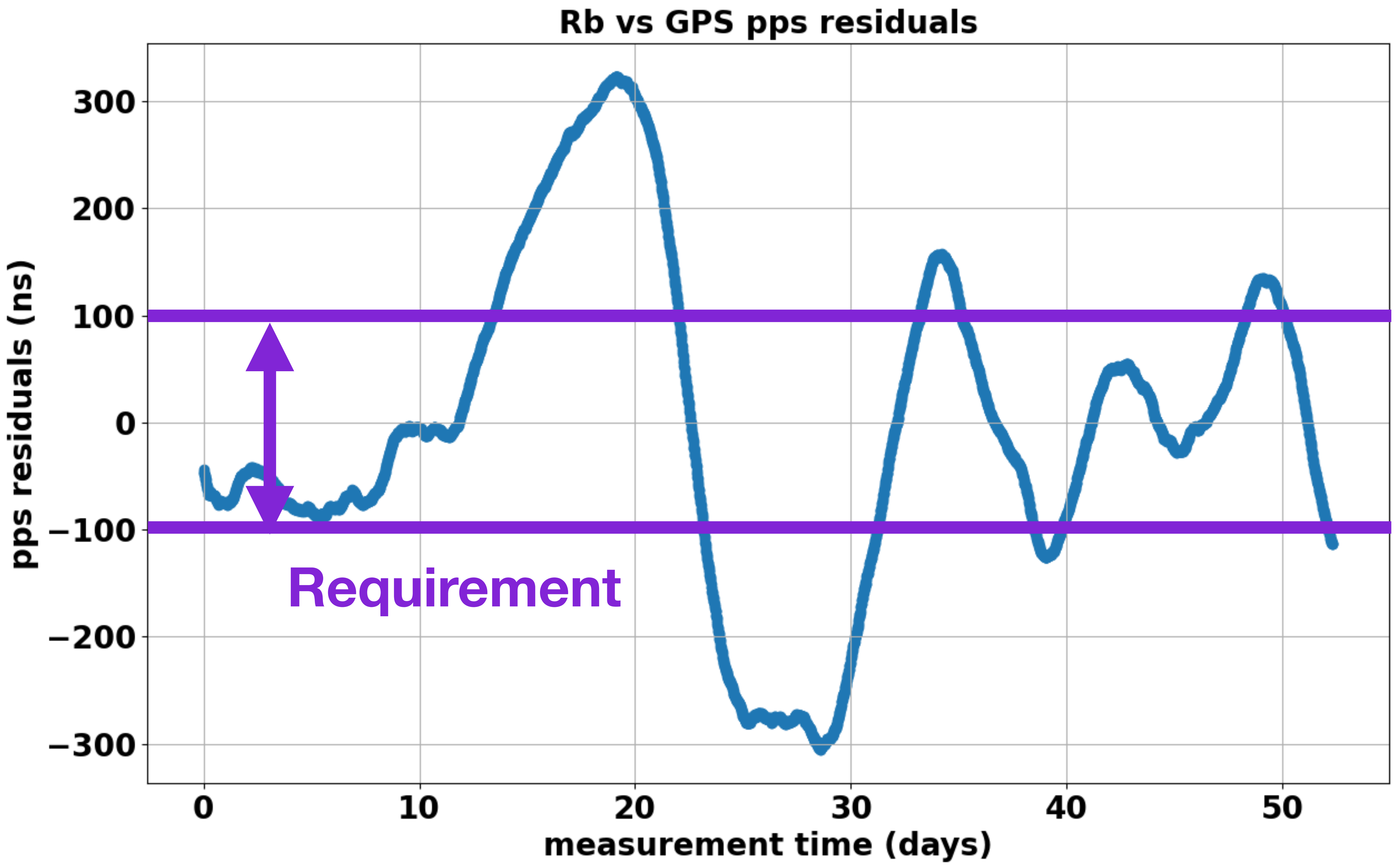
- Rubidium vs GPS: pour extraire la correction
- Rubidium vs PHM: pour vérifier la stabilité du signal rubidium après correction

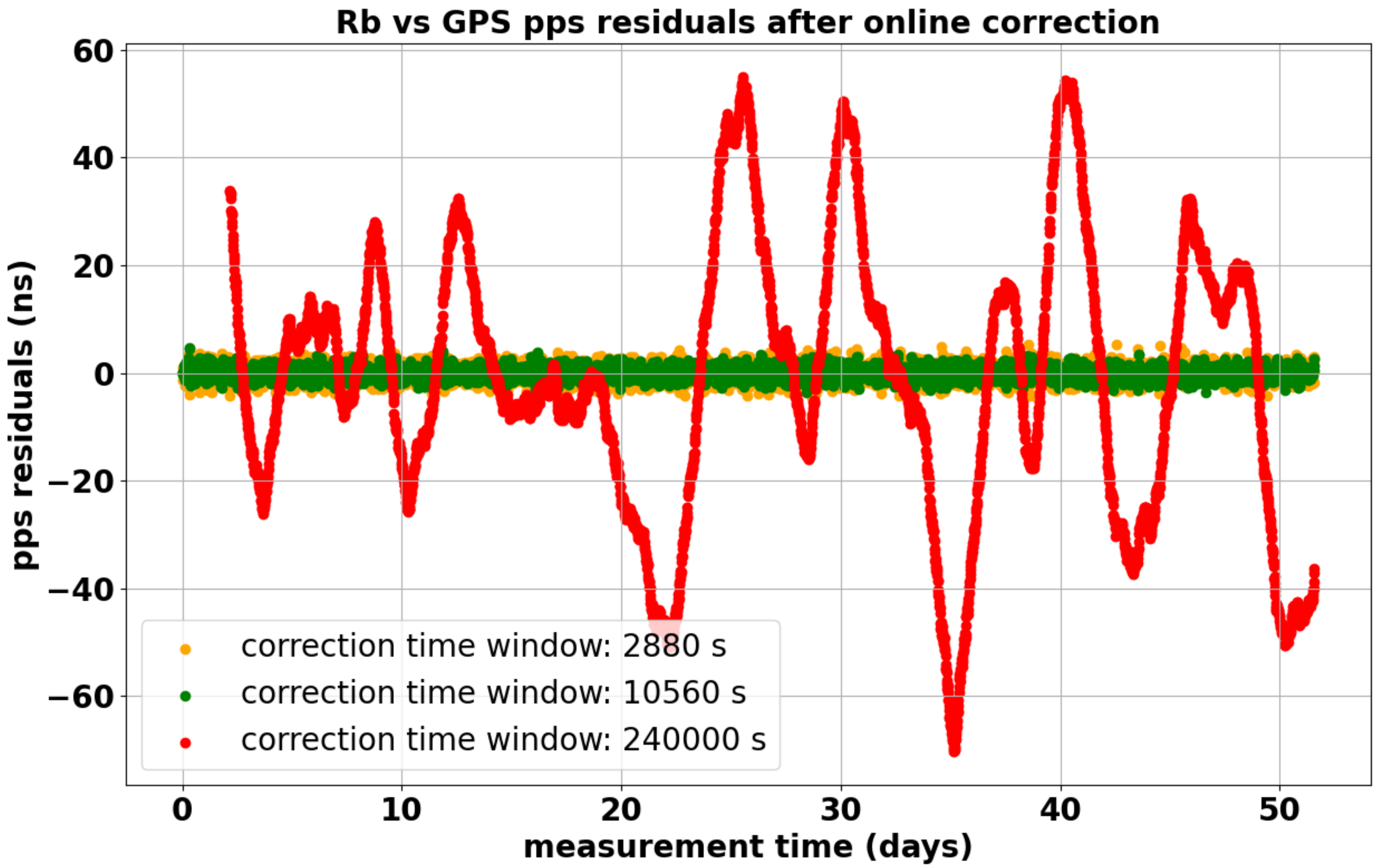


Génération du temps dans HK

Test de la correction pou la synchronisation avec le GPS

Papier en cours d'écriture: on montre une synchronisation à l'UTC de l'ordre de ± 5 ns!

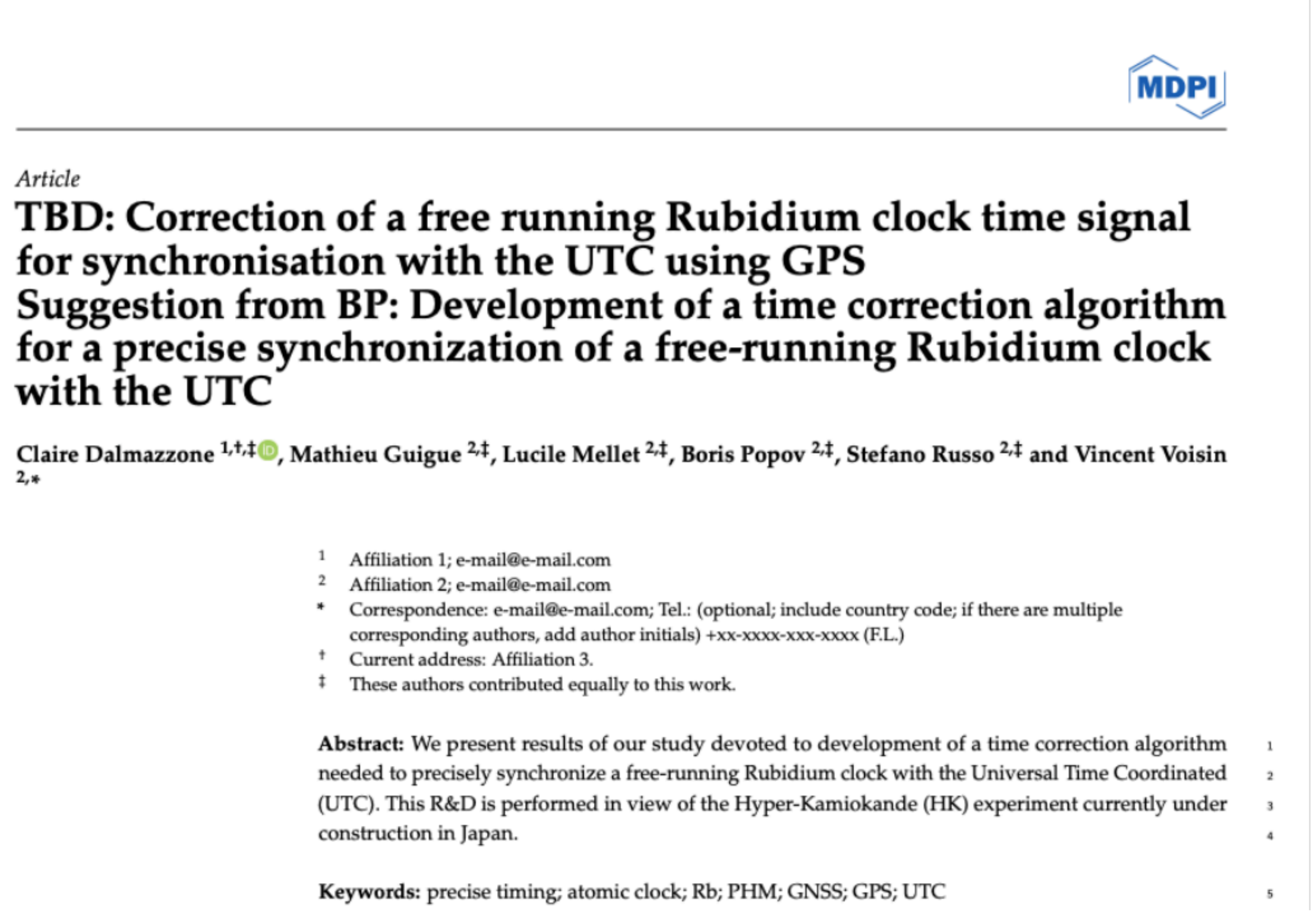




Génération du temps dans HK

Future

- Finaliser et soumettre le papier
- Nouvelle mesure utilisant le signal de temps qui vient du SYRTE (réalisation française officielle de l'UTC) au lieu de la PHM
- Implémentation de la correction "online"



MDPI

Article

TBD: Correction of a free running Rubidium clock time signal for synchronisation with the UTC using GPS
Suggestion from BP: Development of a time correction algorithm for a precise synchronization of a free-running Rubidium clock with the UTC

Claire Dalmazzone [1,†,‡], Mathieu Guigue [2,‡], Lucile Mellet [2,‡], Boris Popov [2,‡], Stefano Russo [2,‡] and Vincent Voisin [2,*]

1 Affiliation 1; e-mail@e-mail.com
2 Affiliation 2; e-mail@e-mail.com
* Correspondence: e-mail@e-mail.com; Tel.: (optional; include country code; if there are multiple corresponding authors, add author initials) +xx-xxxx-xxx-xxxx (F.L.)
† Current address: Affiliation 3.
‡ These authors contributed equally to this work.

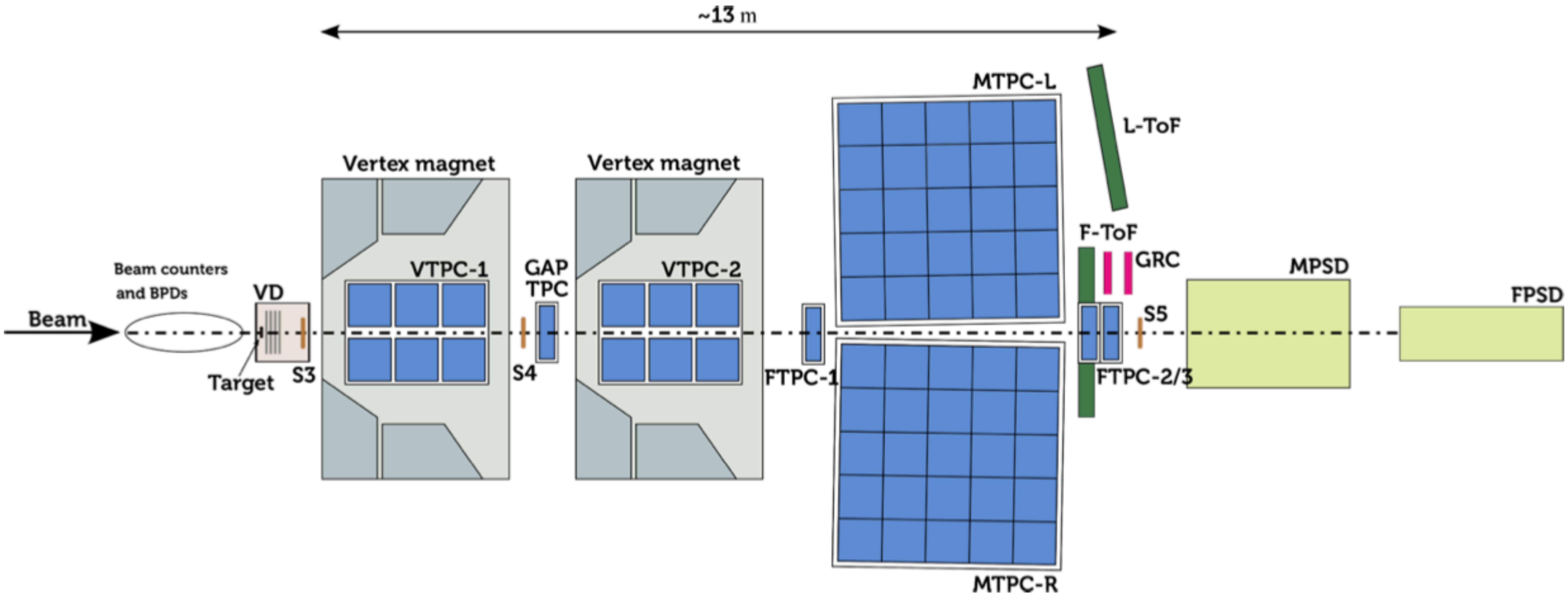
Abstract: We present results of our study devoted to development of a time correction algorithm needed to precisely synchronize a free-running Rubidium clock with the Universal Time Coordinated (UTC). This R&D is performed in view of the Hyper-Kamiokande (HK) experiment currently under construction in Japan.

Keywords: precise timing; atomic clock; Rb; PHM; GNSS; GPS; UTC

Calibration et analyse des données NA61/SHINE sur la cible réplique de T2K

NA61/SHINE

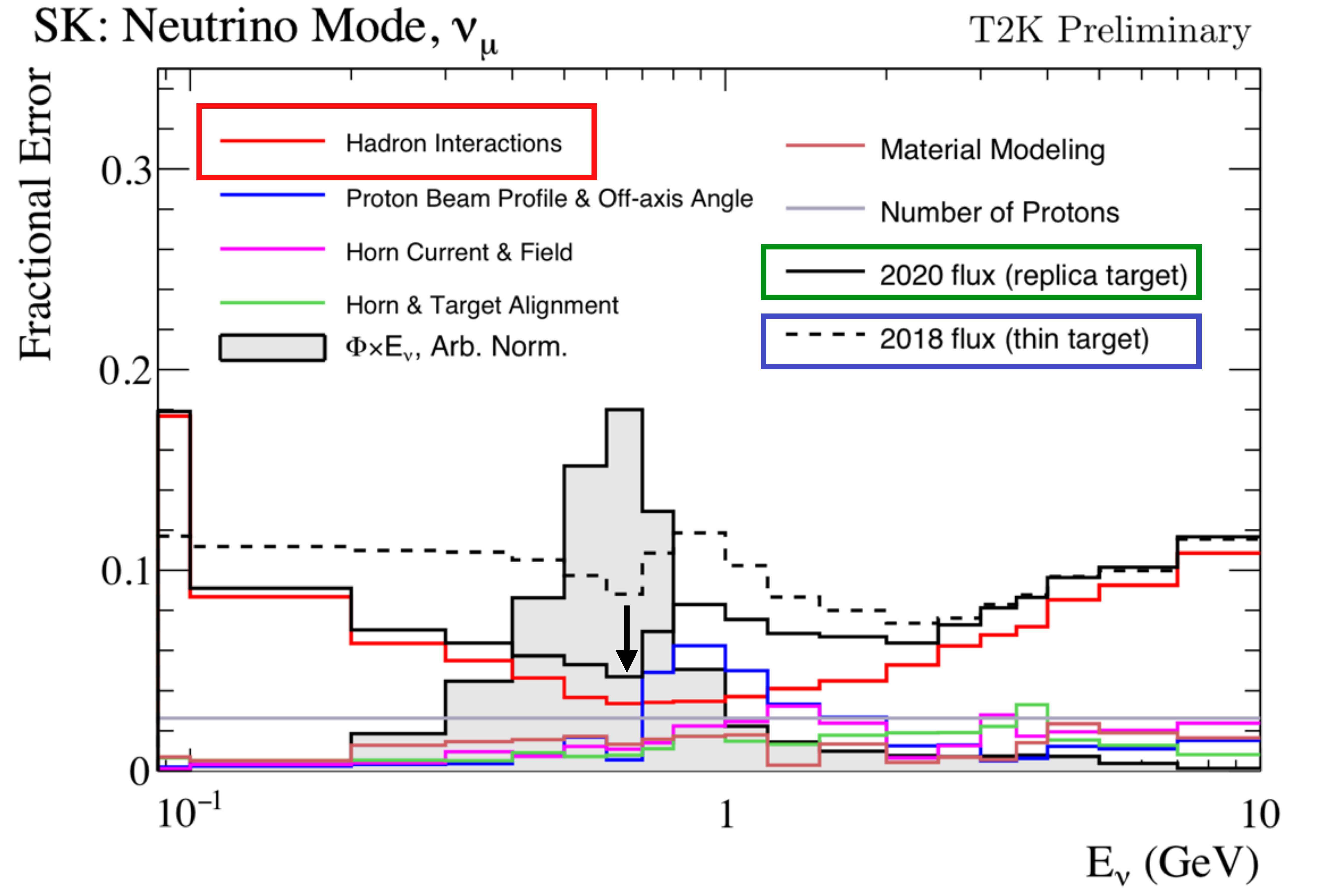
The detector



NA61/SHINE

Reducing the flux uncertainties

- Main uncertainty on flux: **hadron interaction uncertainties**.
- The last **replica target** measurements allowed to reduce the uncertainty to **5% at the flux peak**!
- **New NA61/SHINE data with replica target in 2022**: measure charged hadron + K_S^0 production in T2K target
- **My task**: calibration (in progress) and analysis of the new dataset



Calibration des données NA61/SHINE

Calibration des TPCs en cours:

- Habituellement la position des chassis des TPCs est mesurées par des géomètres mais pour les données post LS2, il semble y avoir des gros biais sur la vraie position des parties sensibles. Cela biaise la calibration de la vitesse de dérive.

- Nous avons mis en place une méthode d’alignement des TPCs utilisant des données sans champs magnétique

- La position des MTPCs et VTPCs ont été déterminées avec cette méthode. Je suis en train de l’appliquer aux FTPCs et Gap-TPC.

Calibration des données NA61/SHINE

Les prochaines étapes sont:

- Calibration par TPC de la vitesse de dérive et du délai du trigger
- Calibration par TPC du gain (dEdx)
- Alignement des TPCs avec les autres détecteurs

Analyse des données NA61/SHINE

- L'analyse des données nécessite la calibration…
- Cependant, une analyse des particles neutres qui se désintègrent en hadrons chargés (V0) peut se faire sans la calibration du gain.
- Une analyse avec MC est en cours par une autre étudiante (Sakiko)
- En 2022, les données one été prises pour deux champs magnétiques différents (158 GeV/c, 80GeV/c). Un répartition possible des tâches:
    - Sakiko: analyse V0 à 158GeV/c
    - Claire: analyse V0 à 80 GeV/c

Présentations et conférences

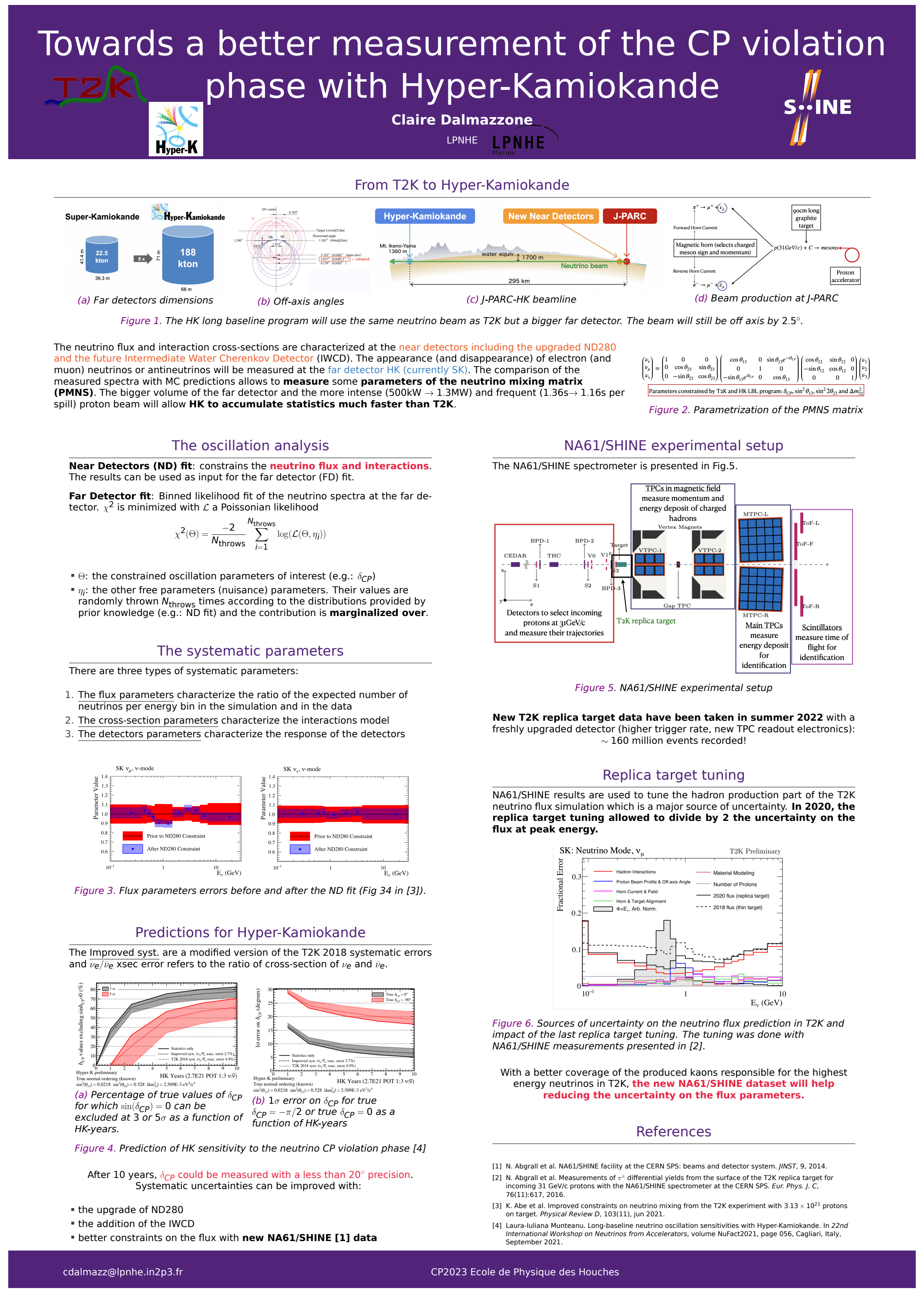
Présentations et conférences

Octobre 2022 - Septembre 2023

- Poster at the International Workshop on the Origin of Matter/ Antimatter asymmetry: *Towards a better measurement of the CP violation phase with Hyper-Kamiokande*

- Présentations des études de sensibilité pour HK au meeting de l'IRN neutrinos à Nantes (juin 2023)

- Présentations de ces résultats au meeting de collaboration HK en juin 2023 pour débuter l'officialisation



Présentations et conférences
Octobre 2023 - Maintenant

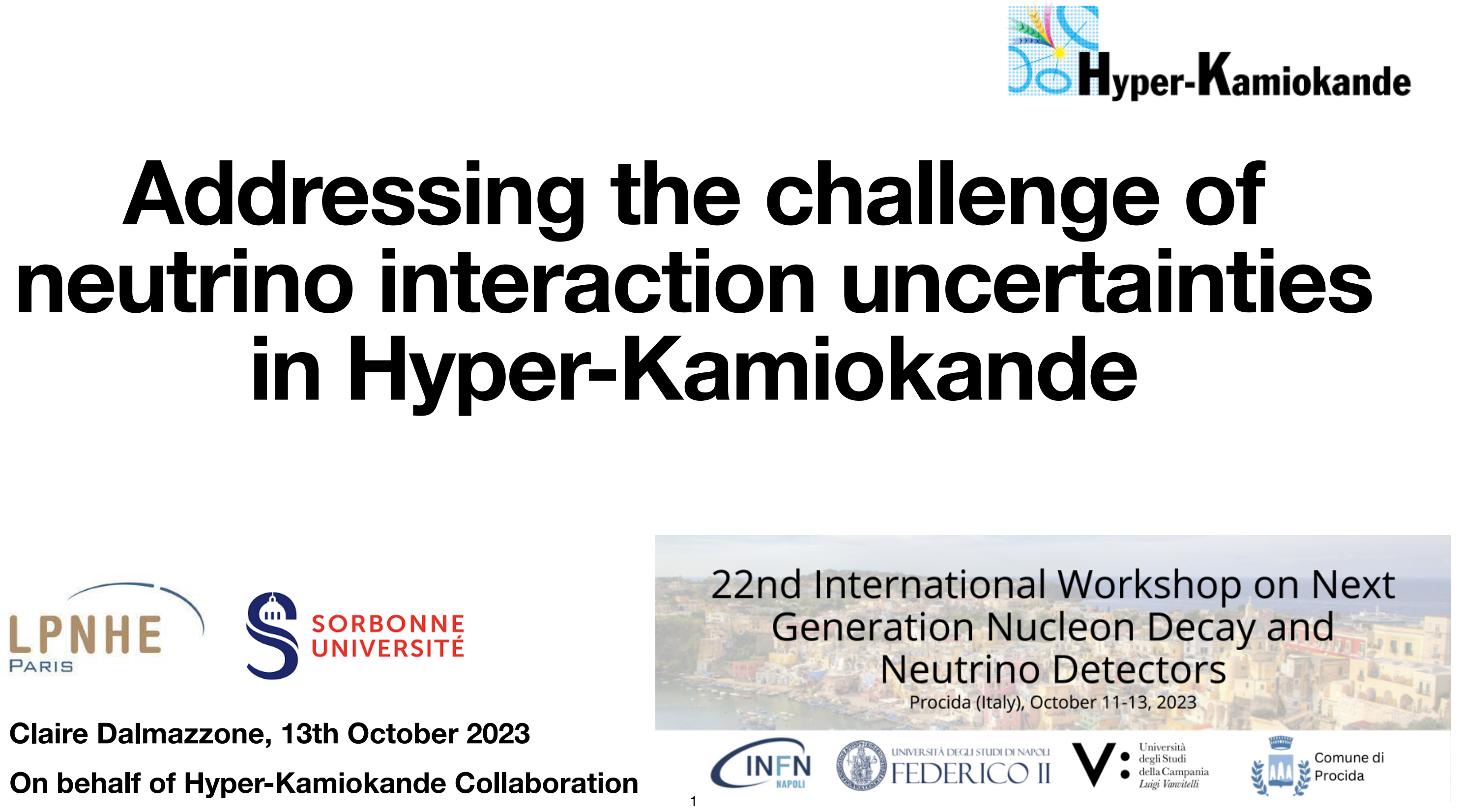
- Talk at NNN23 , octobre 2023, Procida, Italie (Next Generation Neutrino and Nucleon decay detectors): *Addressing the challenge of neutrino interaction uncertainties in Hyper-Kamiokande*

- 2 posters HCERES: *Préparation à l'expérience Hyper-Kamiokande: Transfert de temps au LPNHE* (Vincent Voisin) + *Towards Hyper-Kamiokande analyses* (with Gonzalo Diaz Lopez)

- Réunion du vendredi: 19 janvier 2024

- Présentation des résultats de calibration au meeting collaboration NA61, avril 2024, Sofia, Bulgarie

- Poster biennale similaire à l'HCERES



Articles publiés

Articles publiés

Co-autrice de 2 collaborations

- T2K grâce aux shifts remote de 2023 et shifts sur site en juin 2024. Un nouvel article depuis Mai 2023:
    - arXiv:2308.16606v2

- NA61/SHINE grâce à ma contribution sur la calibration et aux shifts de aout 2023 et juillet 2024.

Articles publiés

Co-autrice de 2 collaborations

- T2K grâce aux shifts remote de 2023 et shifts sur site en juin 2024.
- NA61/SHINE grâce à ma contribution sur la calibration et aux shifts de aout 2023 et juillet 2024. Nouveaux articles depuis Mai 2023:
    - arXiv:2402.17025, arXiv:2401.03445, arXiv:2312.13706, arXiv:2312.06572, arXiv:2308.16683, arXiv:2306.02961, arXiv:2305.07557

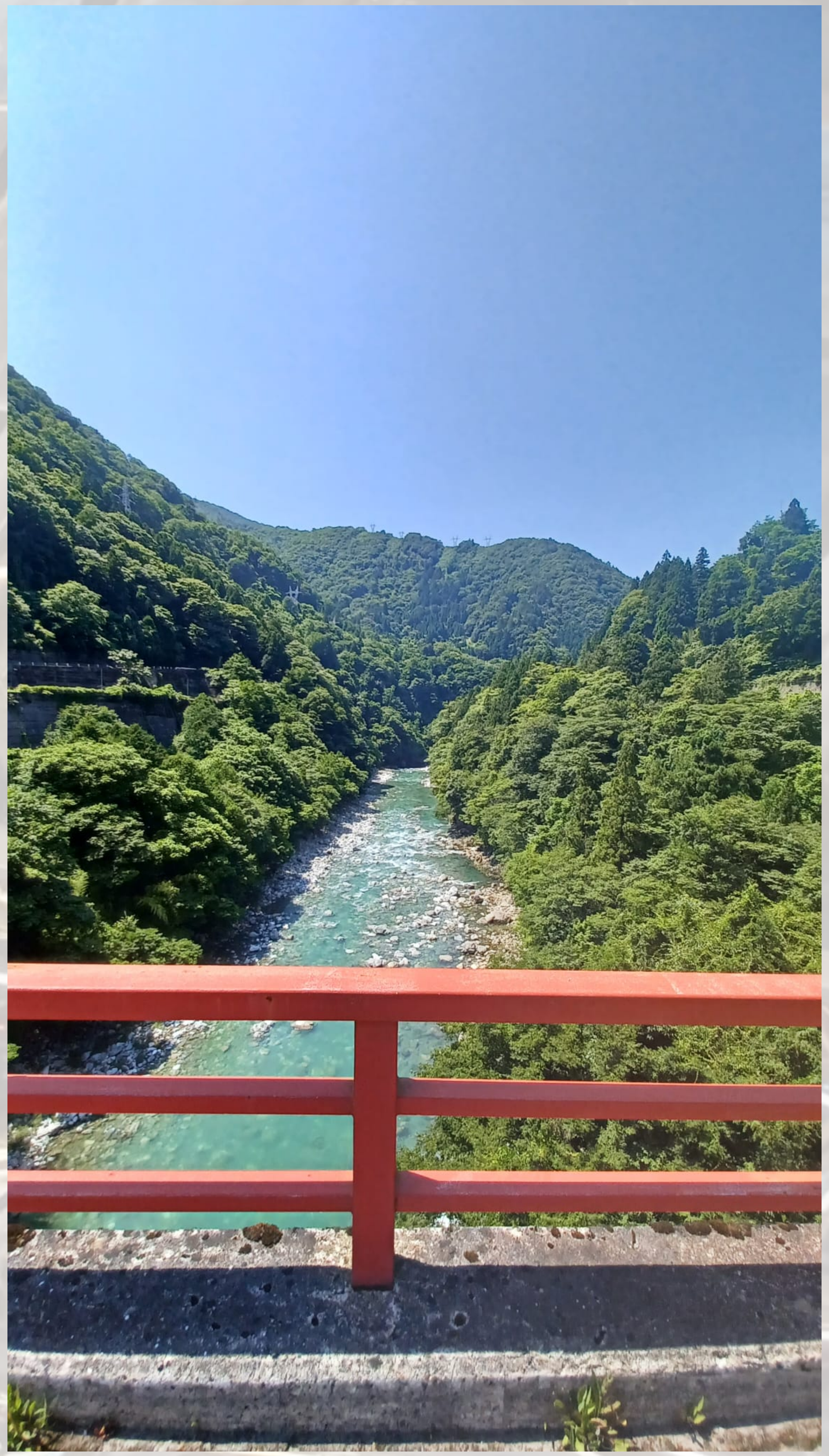
Points de thèse

Points de thèse

14 points:

- Cours intégrité scientifique (10 novembre 2022): 1pt
- 2 ans d’enseignement (déjà fait ~107h/128h): 2pts
- Formation à l’enseignement (octobre 2022 + janvier 2023): 2pts
- Applied Data Analytics (novembre 2022) + Advanced Applied Data Analytics (janvier 2024): 5pts
- Elements of Statistics (juin 2023): 4pts

Hyper-Kamiokande



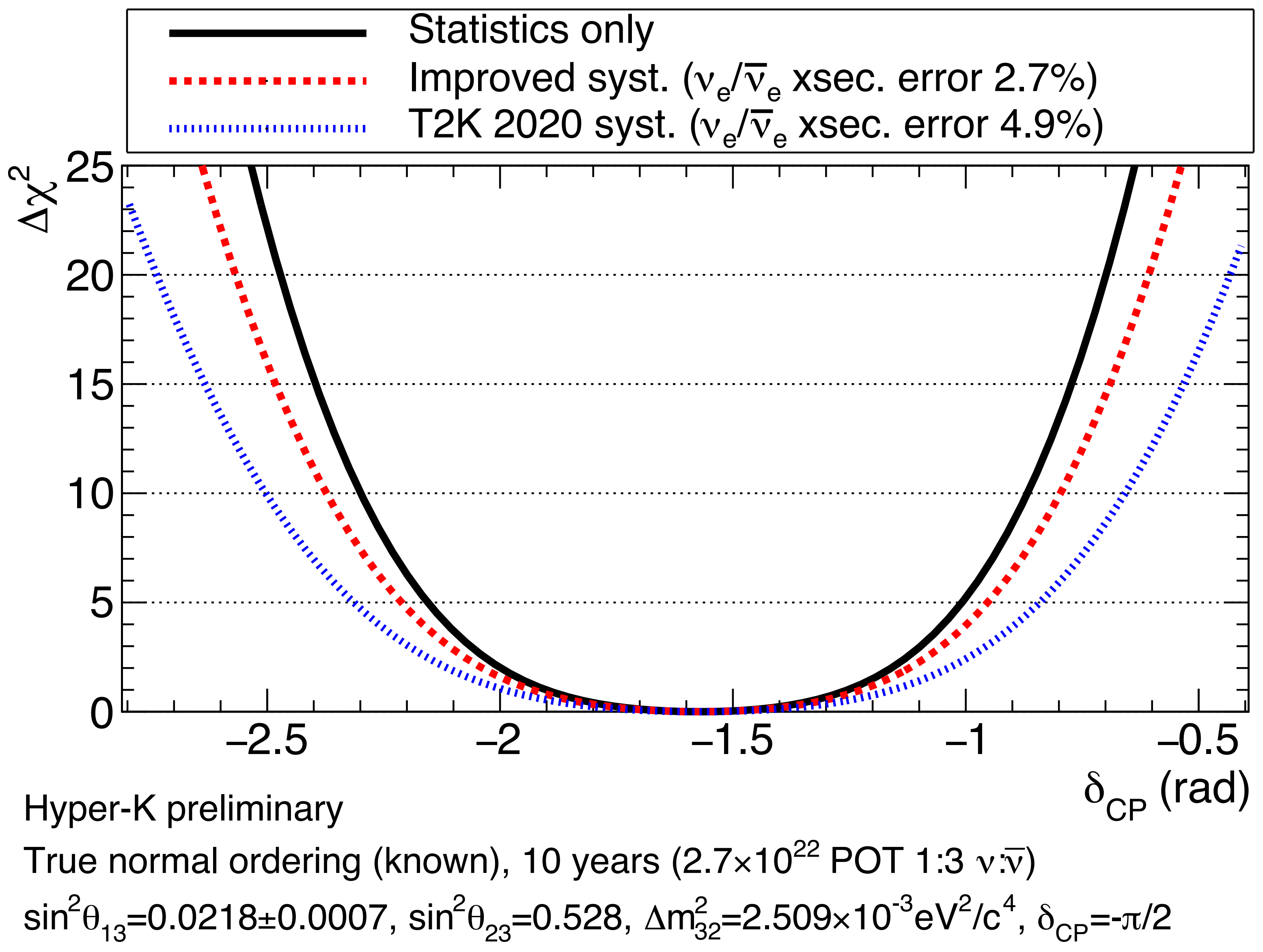
Thank you!

LPNHE
PARIS

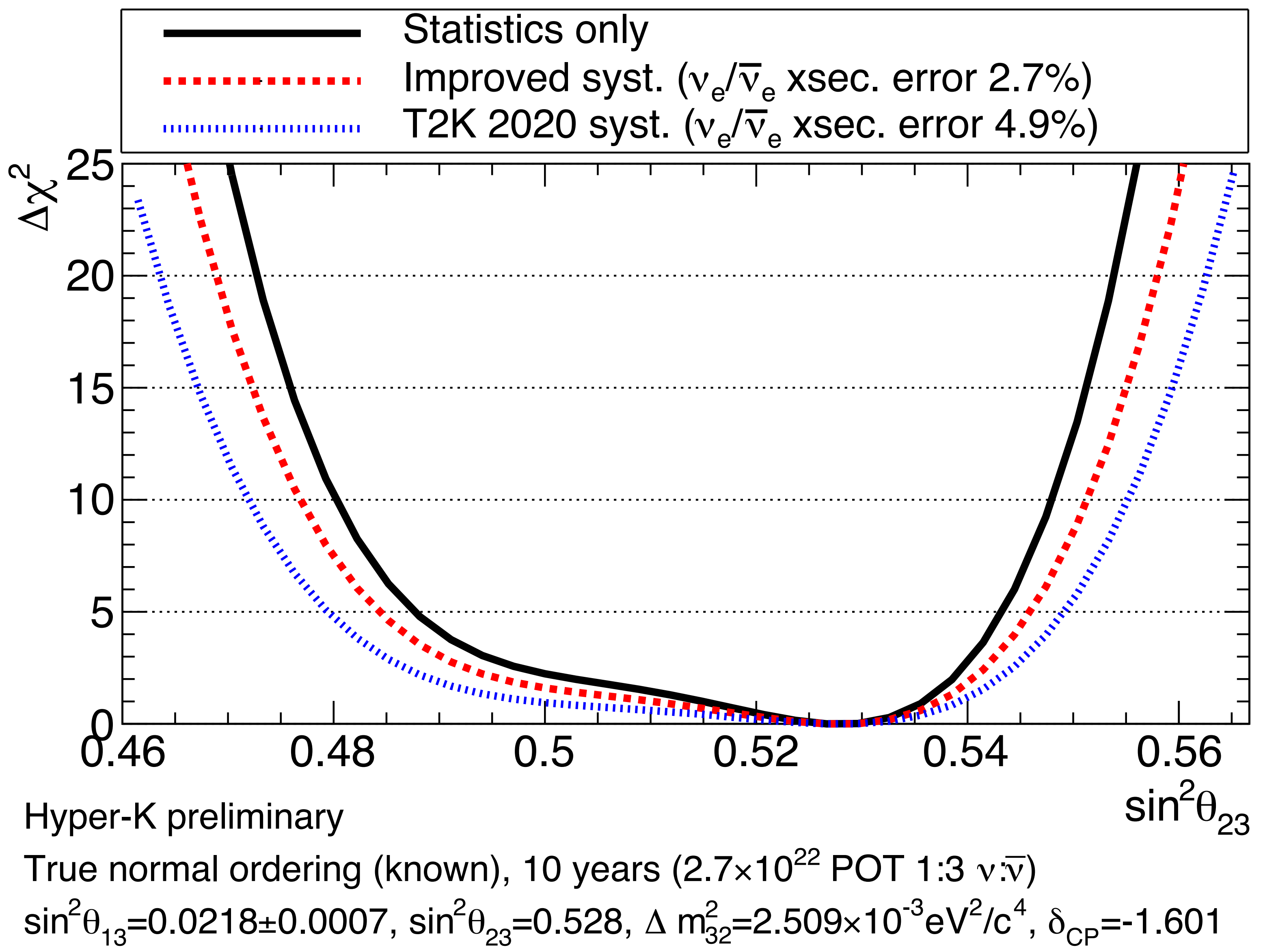
HK sensitivity studies

Results

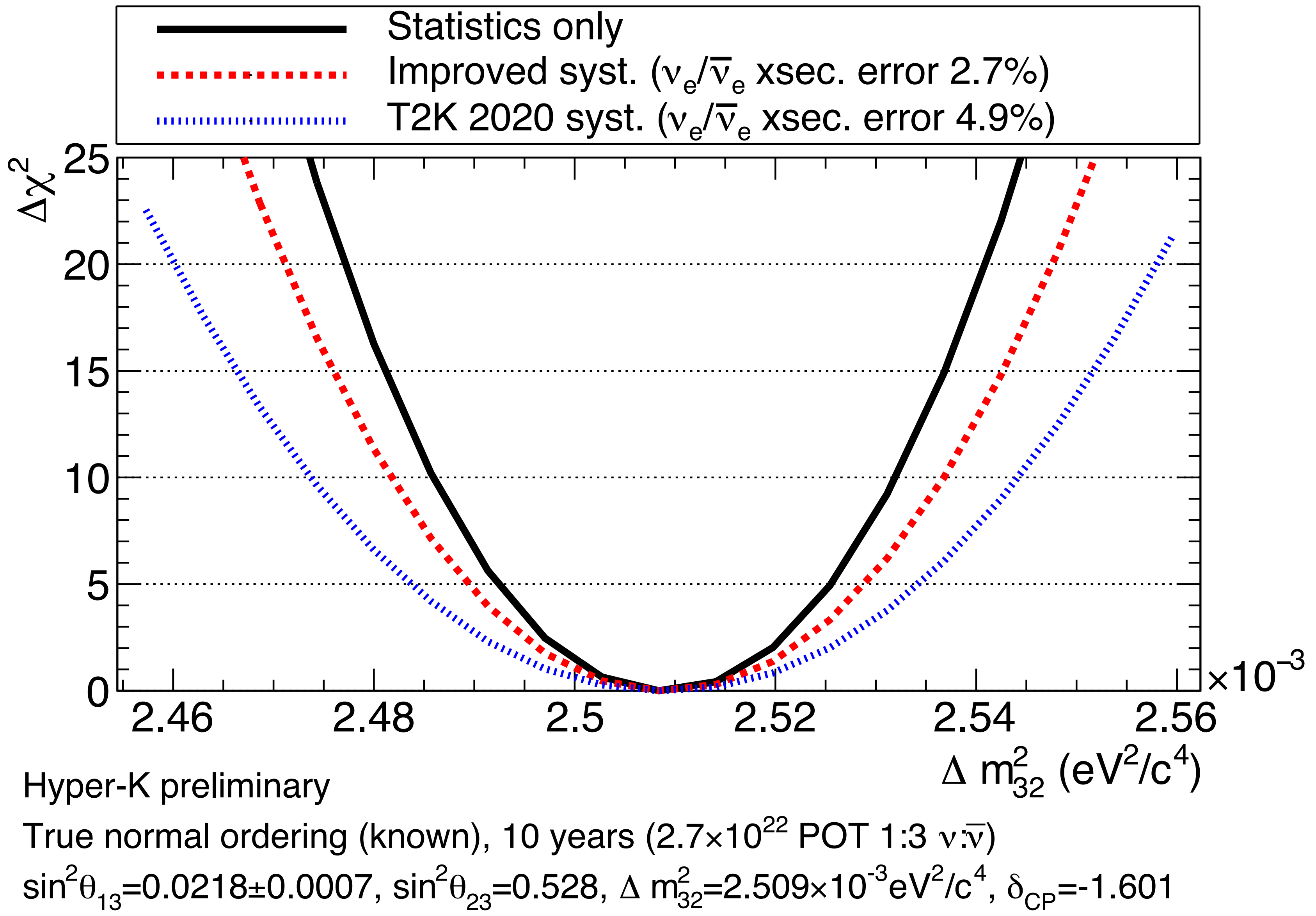
Sensitivity after 10 years of data-taking: $\Delta\chi^2$ curves



δ_{CP}



$\sin^2\theta_{23}$

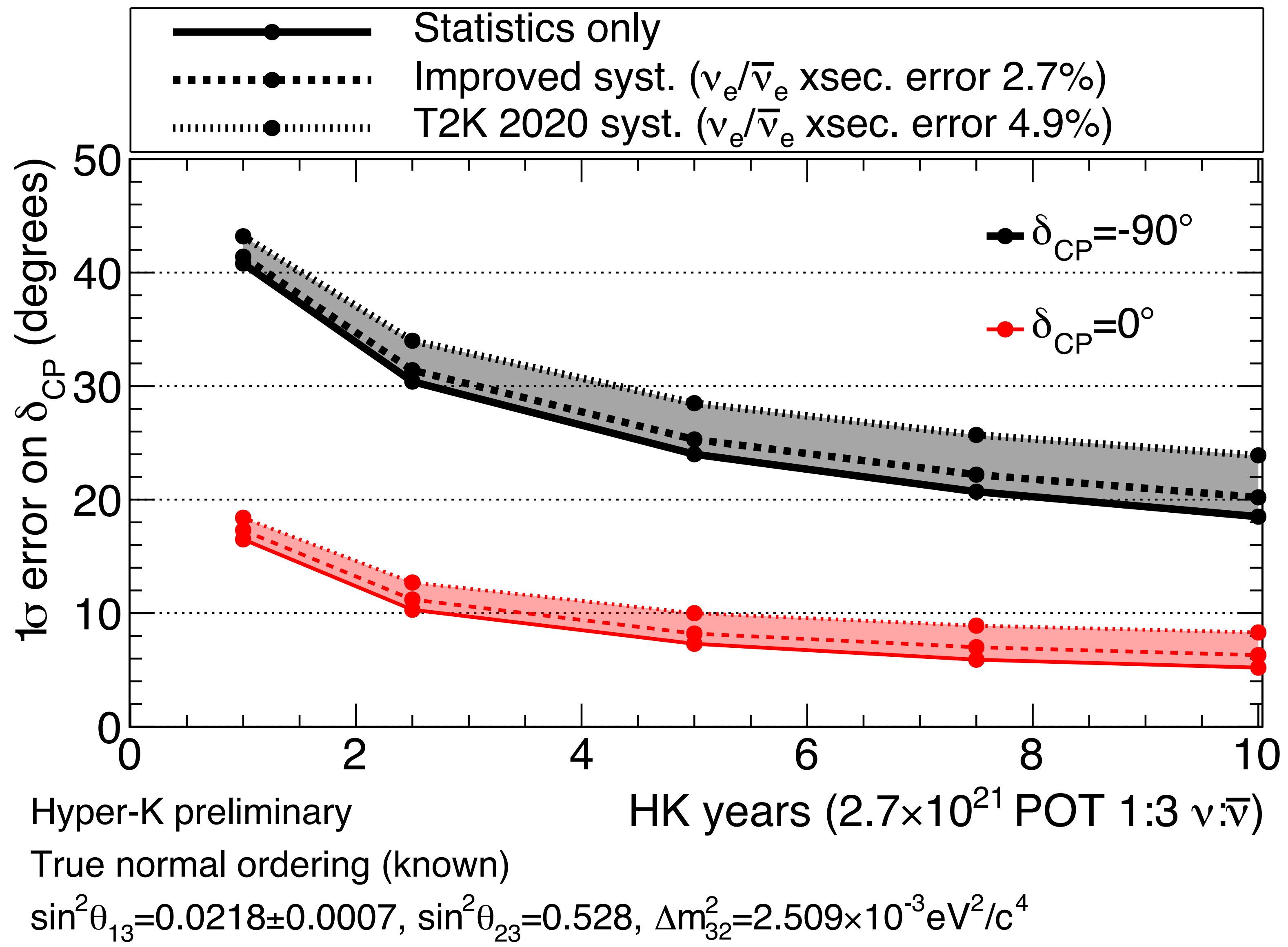


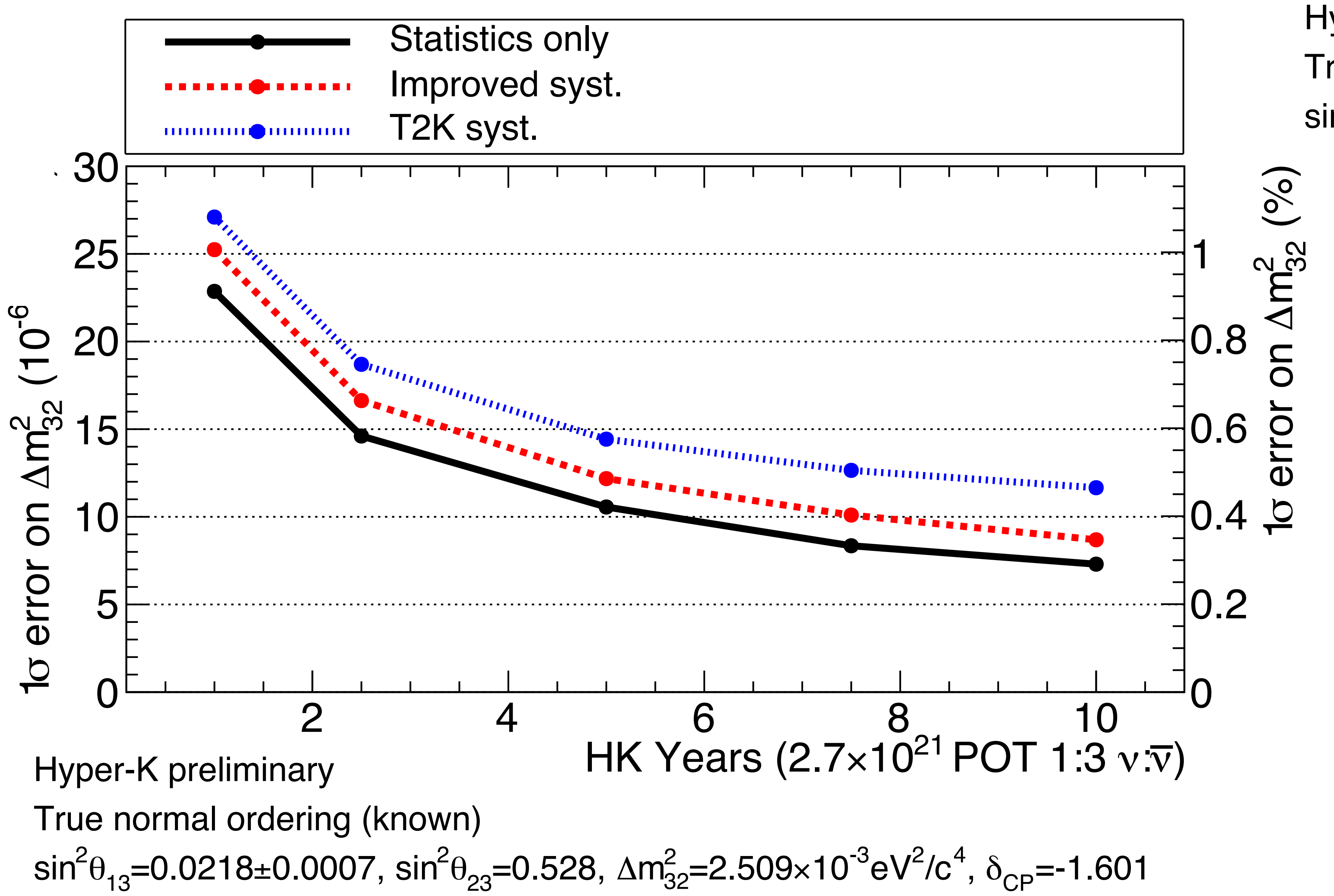
Δm^2_{32}

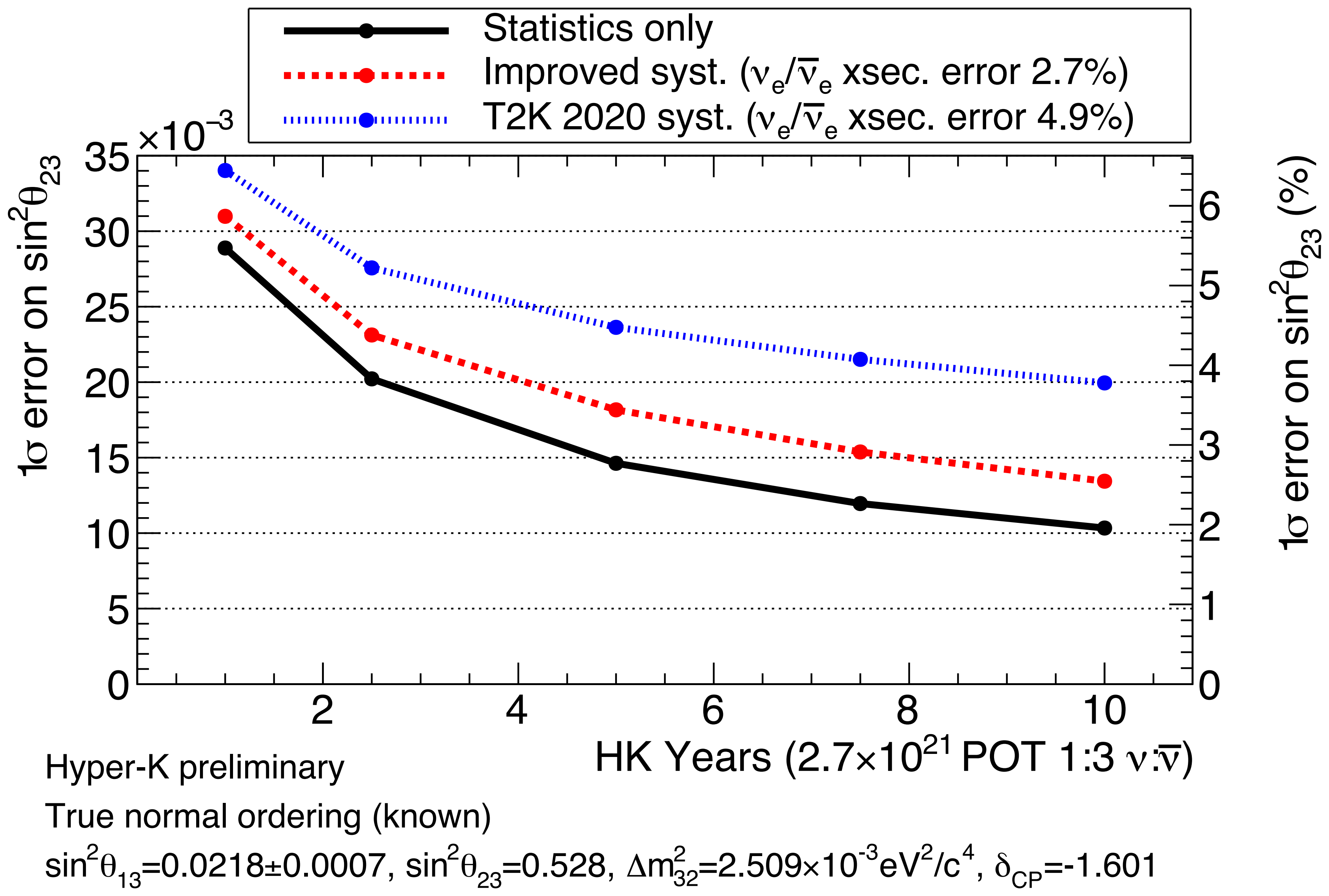
We estimate the resolution by taking the width of the curves at $\Delta\chi^2 = 1$

HK sensitivity studies

Results

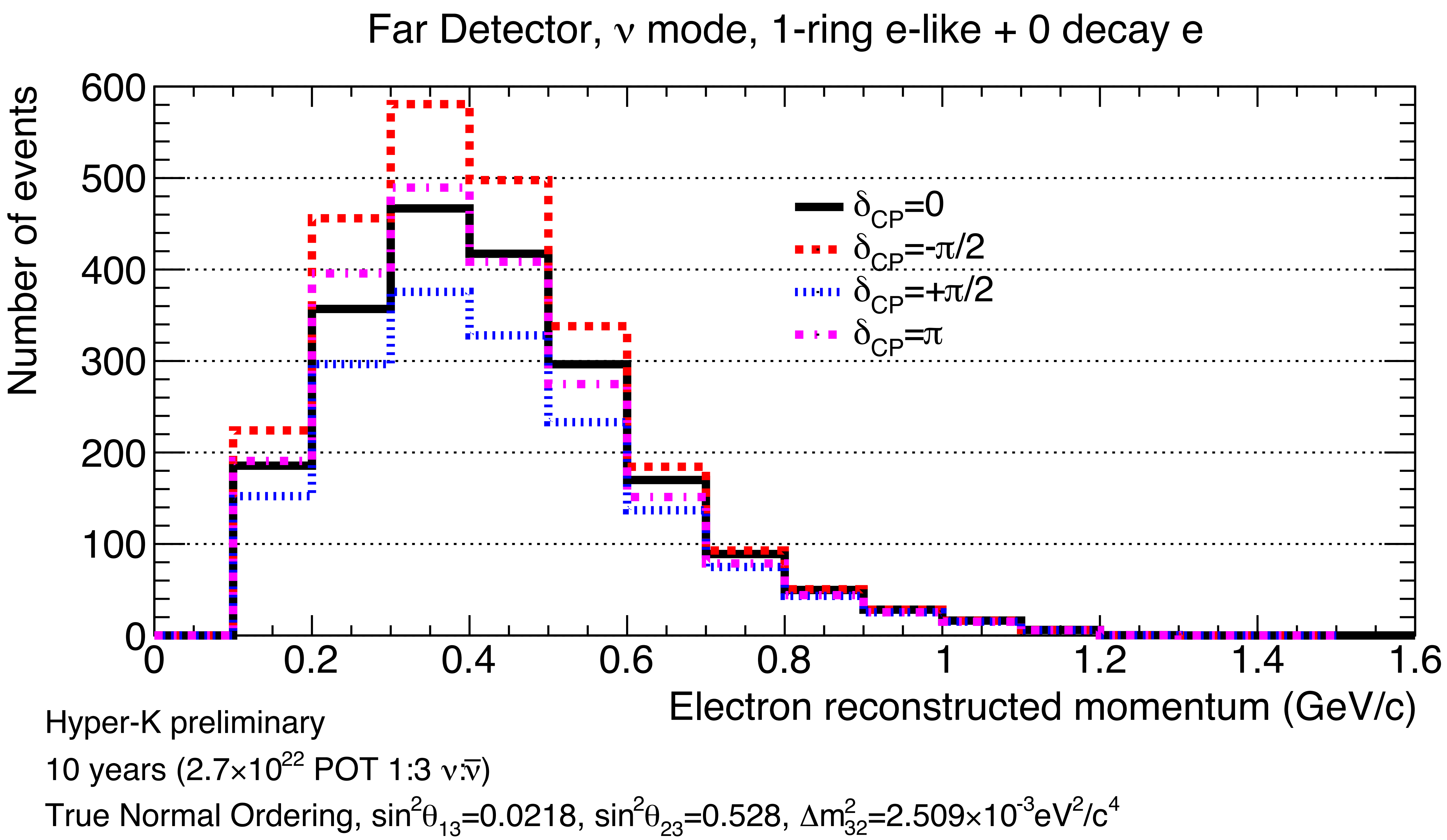


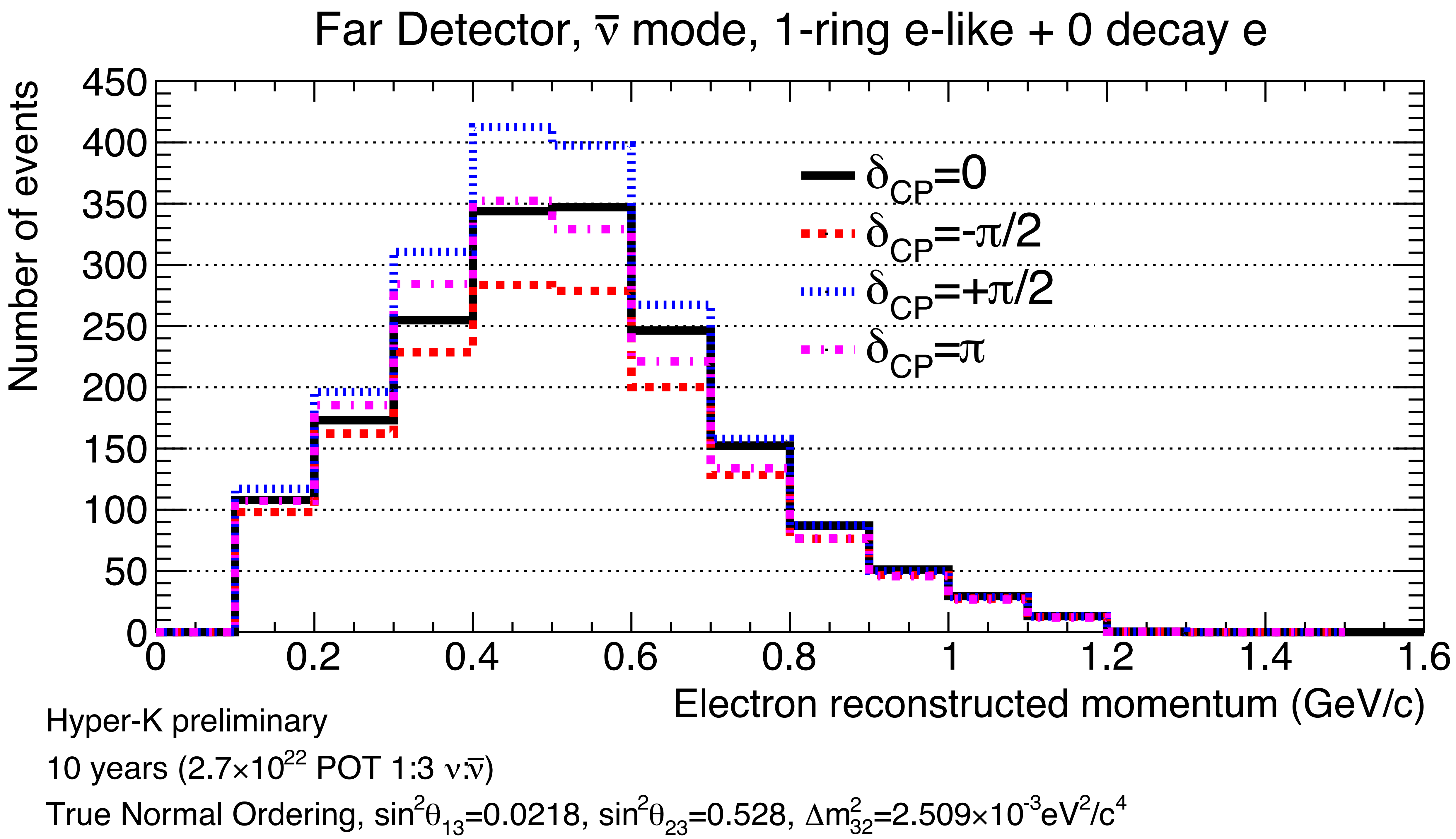




Plan to reduce systematics

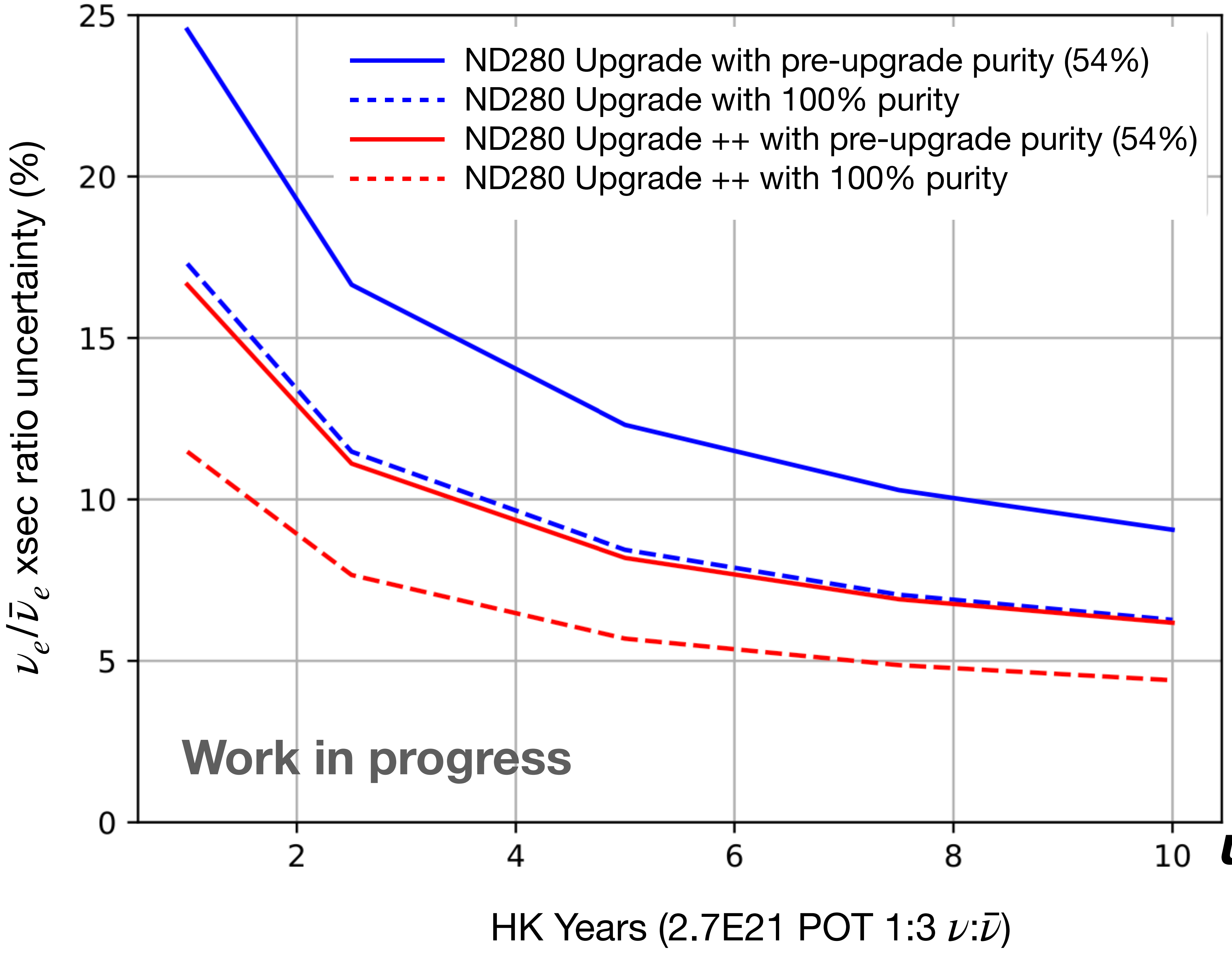
Example: $\nu_e/\bar{\nu}_e$ cross-section ratio uncertainty





Plan to reduce systematics

Example: $\nu_e/\bar{\nu}_e$ cross-section ratio uncertainty



This measurement is challenging as the $\nu_e/\bar{\nu}_e$ contamination of the beam is very low (few percents)

With **only ND280 upgrade**, could reach a **~7.5%** uncertainty or below with the upgrade ++

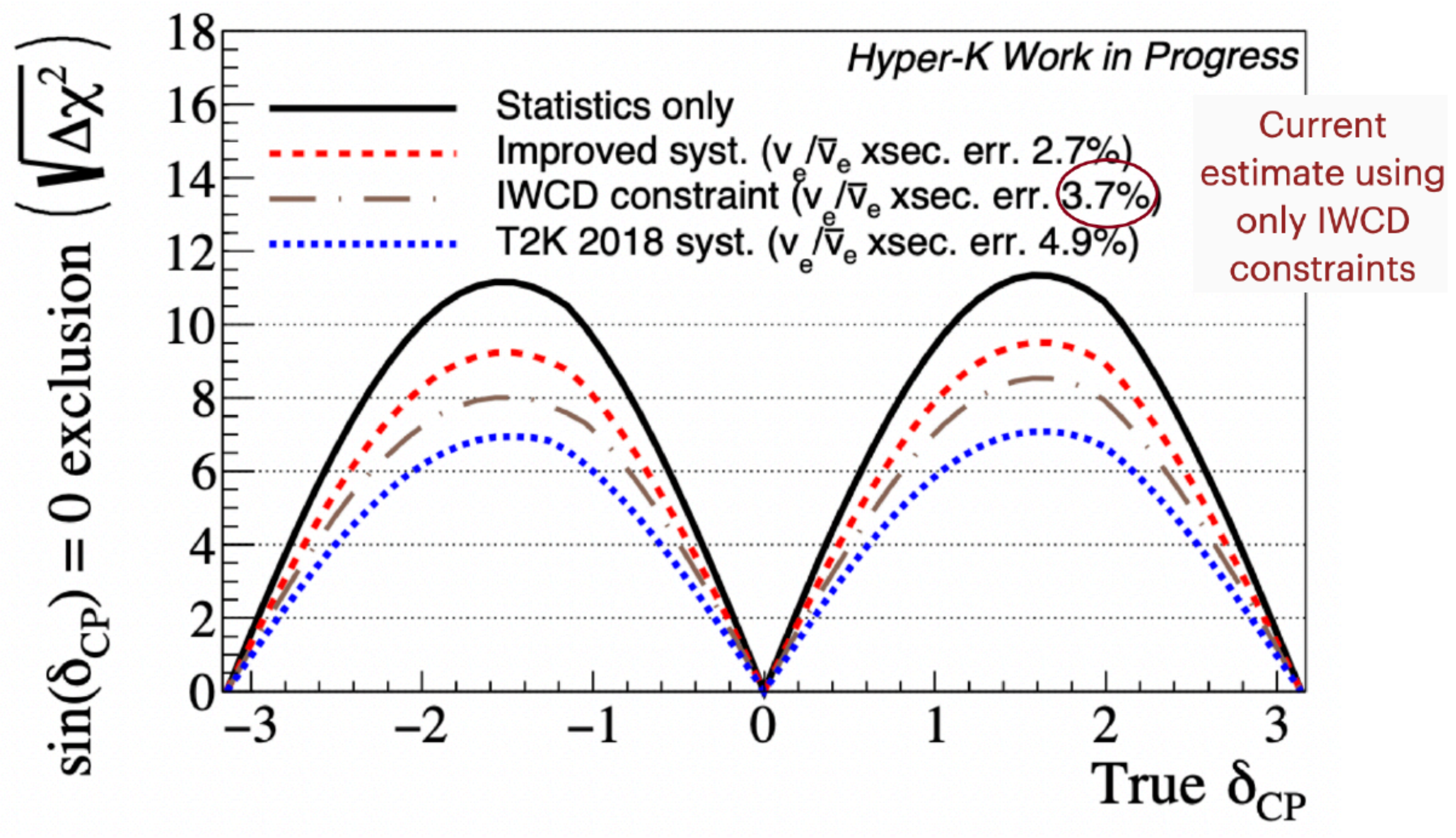
Estimation of ND280 constraint on $\sigma(\nu_e)/\sigma(\bar{\nu}_e)$ with upgrade or upgrade ++ mass, pre-upgrade efficiency and pre-upgrade or 100% purity.

Plan to reduce systematics

Example: $\nu_e/\bar{\nu}_e$ cross-section ratio uncertainty

With **only IWCD**, could reach a **~3.7%** uncertainty

With **ND280 upgrade (++) and IWCD**, the goal is to go **below 3%** uncertainty after 10 years of HK-LBL

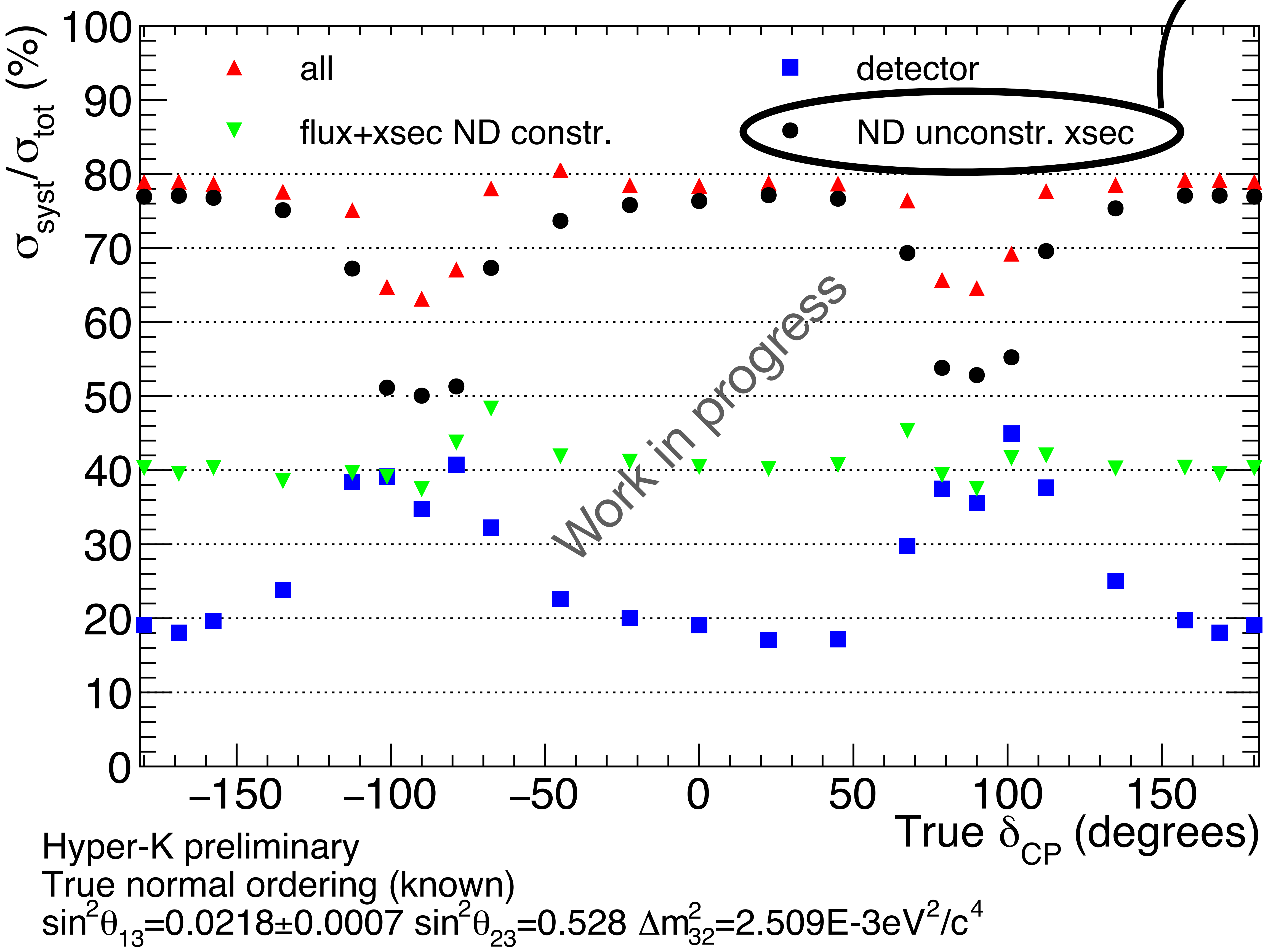


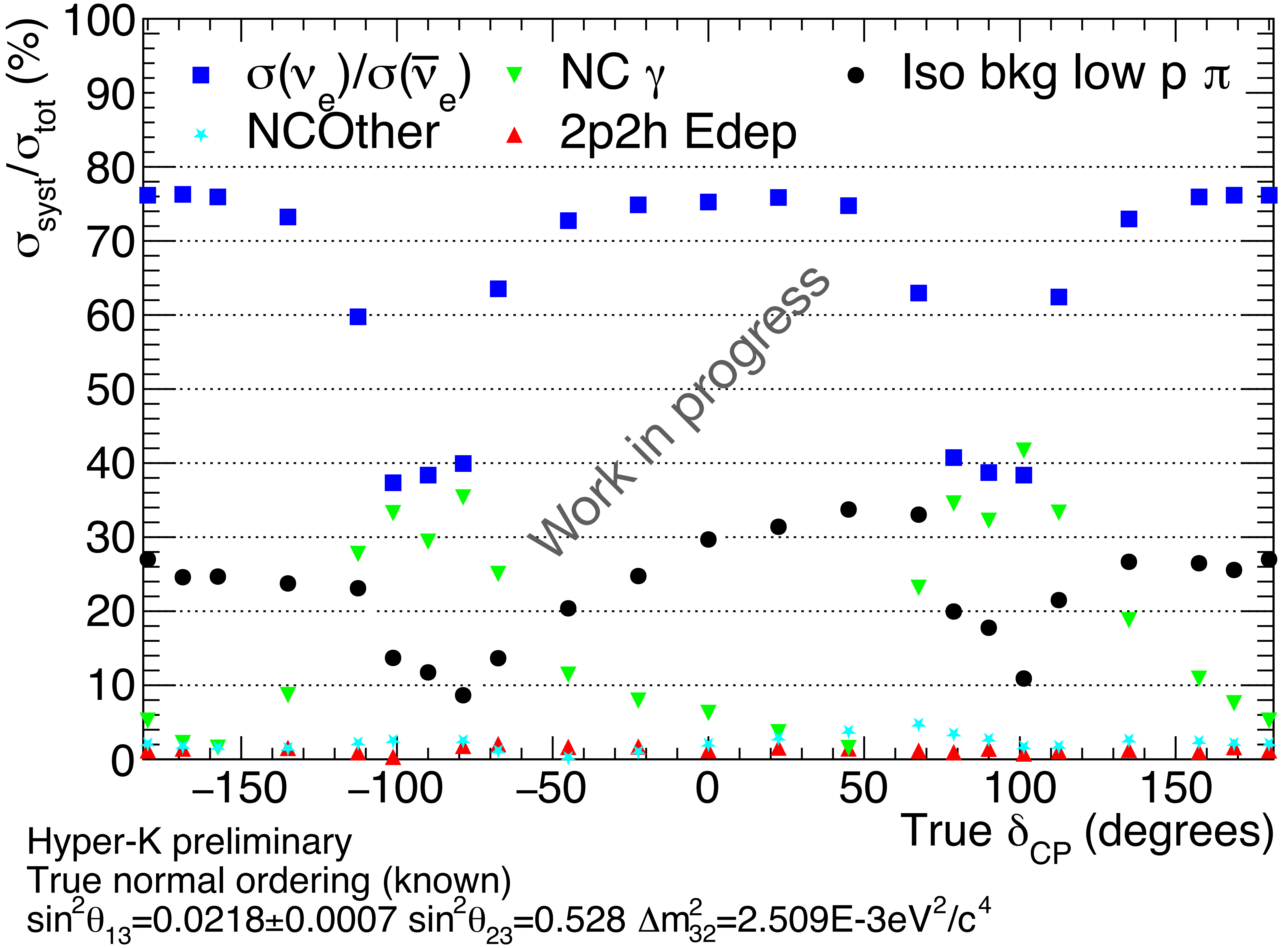
Significance level to exclude the CP-conserving values (0 and $\pm\pi$) of δ_{CP} after 10 years with HK.

* See ref. 4 for more details

Plan to reduce systematics

Systematics not currently measured by ND280



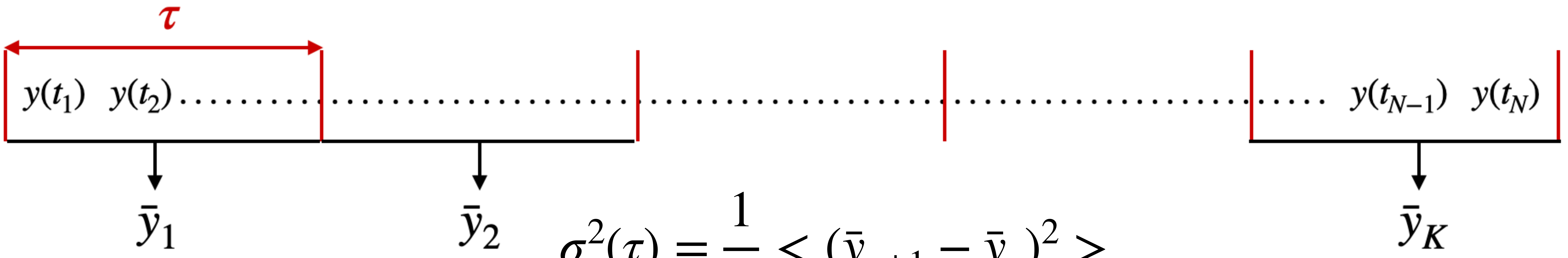


* See ref. 4 for more details

Timing distribution

Equipment characterisation

The Allan Standard Deviation is used to characterise the stability of a signal compared to another using **frequency ratio** y. For N measurements, we split the measurement time into K time intervals of a given length τ.



$$\sigma^2(\tau) = \frac{1}{2} < (\bar{y}_{n+1} - \bar{y}_n)^2 >$$

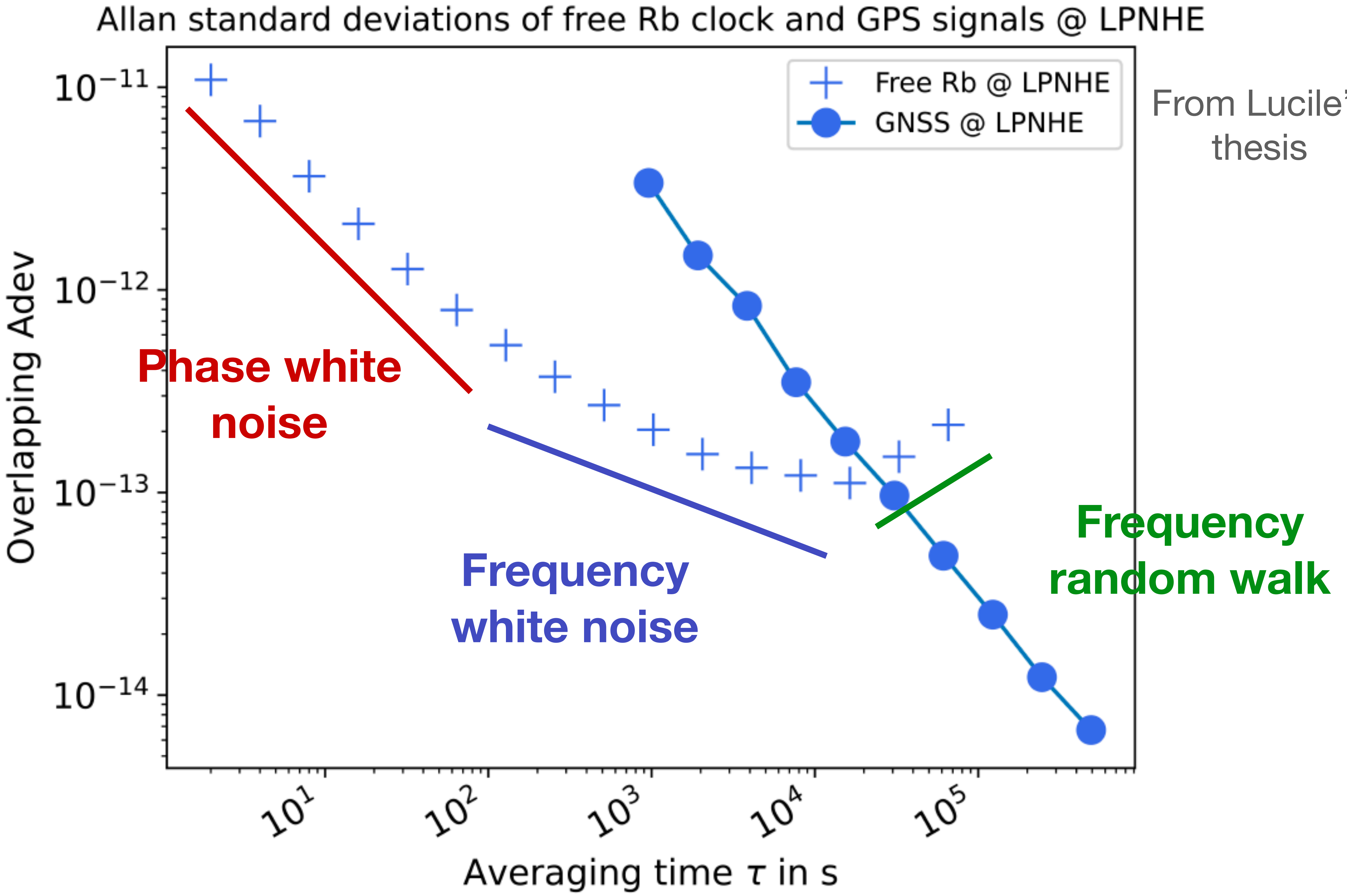
Difference of the mean of y for two consecutive intervals of length τ

A similar formula can be derived for overlapping intervals and for time differences instead of frequency ratios

Timing distribution

Equipment characterisation

The ASD $\sigma(\tau)$ can then be plotted as function of τ. The dependency in τ depends on the type of noise in the signal.



From Lucile's thesis

The Rubidium signal is more stable than the GNSS at short term but gets worse at long term because of the frequency random walk.

Need to correct the long term instability due to the frequency random walk

From Lucile's thesis

Timing distribution

Rubidium clock signal correction

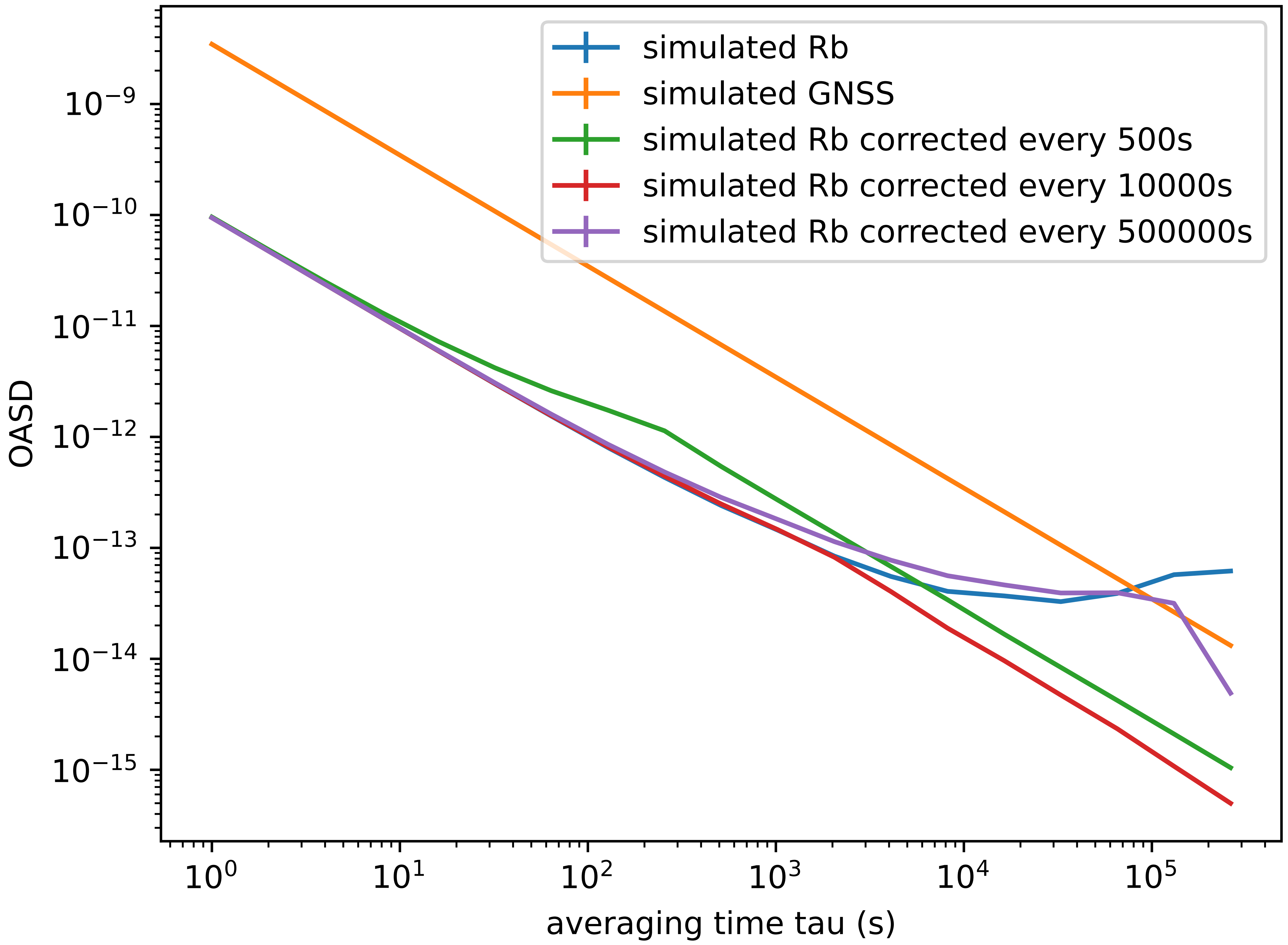
The frequency random walk leads to a polynomial time dependency of the time differences between the Rb and the GNSS PPS:

$$t^i_{Rb} - t^i_{GNSS} = a \times t_i^2 + b \times t_i + c \text{ for } i^{th} \text{ measurement}$$

So one can **regularly** fit $\Delta t_{Rb,GNSS}(t)$ and correct:

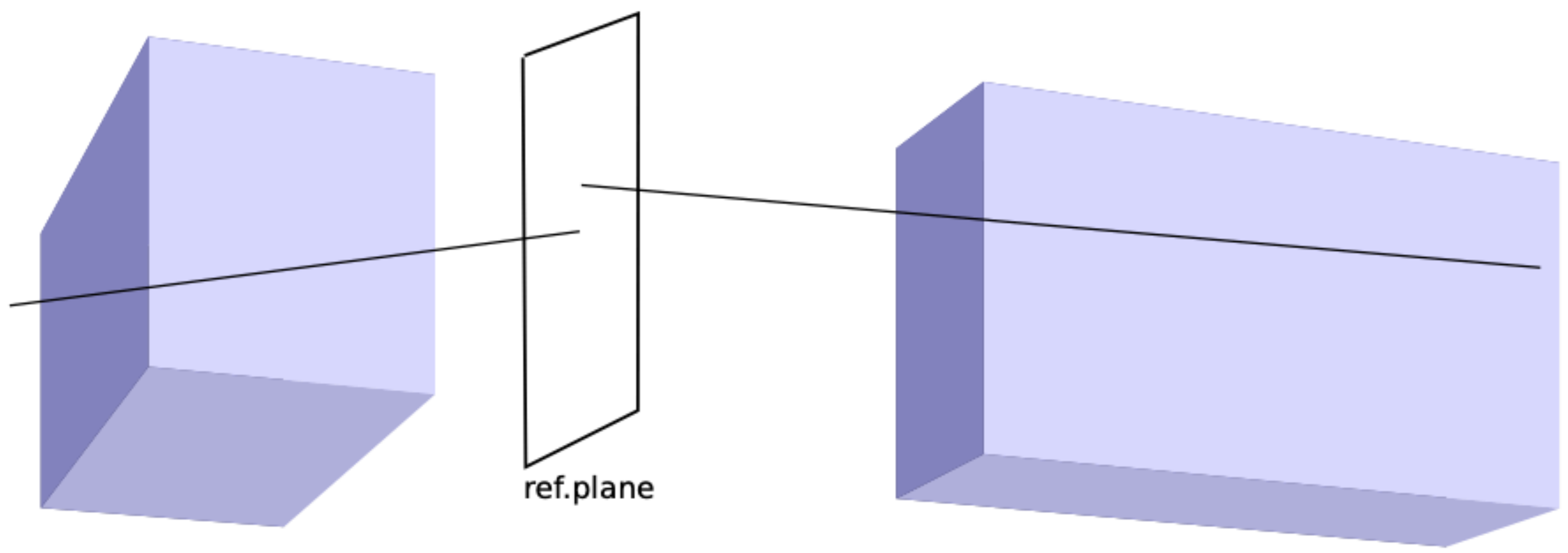
$$t^i_{Rb,corr} = t^i_{Rb} - (a \times t_i^2 + b \times t_i + c)$$

Measurement in progress to try the correction with experimental data.



Field off alignment procedure
Description

Take main-vertex tracks, dissect to local tracks, refit them locally, check mismatch.



Local tracks parametrisation

$$x = M_x + (z - z_{ref}) \cdot N_x$$

$$y = M_y + (z - z_{ref}) \cdot N_y$$

Each chamber has 8 unknowns: θx,θy,θz, x0,z0, vdrift, t0, y0.

Assume that e.g. downstream chamber is calibrated (except for t0,y0): our reference.

Field off alignment procedure

Description

For field off data and approximately horizontal tracks ($N_y \approx 0$):

$$\Delta N_x = (N_x^2 + 1) \cdot \theta_y$$

$$\Delta N_y = -N_x \cdot \theta_z + \theta_x$$

$$\Delta M_x = (\theta_x \cdot M_y + \theta_y \cdot M_x + z_0) \cdot N_x + \theta_y \cdot z + \theta_x \cdot M_y - x_0$$

First calibrate rotations using ΔN_x vs N_x and ΔN_y vs N_y. Then correct and calibrate x_0 and z_0 using ΔM_x vs N_x.

Field off alignment procedure

Workflow

- A working example with documentation of the chain is at Shine/Applications/Examples2022Plus/Calibration/AlignmentFieldOff
- Calibration done in three steps:
    1. MTPCL vs GRC
    2. VTPC2, FTPC1, FTPC2 vs MTPCL
    3. FTPC3 vs FTPC2 and others vs VTPC2

Field off alignment procedure

Workflow

- A working example with documentation of the chain is at Shine/Applications/Examples2022Plus/Calibration/AlignmentFieldOff
- Calibration done in three steps
- At each step, iterate the mismatch analysis to calibrate:

   A. Rotation angles (field off data only, not necessary for MTPCL)

   B. x_0 and z_0 (field off data only, not necessary for MTPCL)

   C. Drift velocity

   D. t_0

   E. y_0