

# 2ndes Journées Online

mardi 18 novembre 2025 - jeudi 20 novembre 2025

IJCLab



## Recueil des résumés



# Contents

Introduction . . . . .	1
Talk de conclusion . . . . .	1
Debruitage et deconvolution de signaux de détecteurs par Reseaux de Neurones . . . . .	1
Evaluation d'une architecture multi-processeur RISC-V dans un FPGA Kintex . . . . .	1
Intégration de systèmes de contrôle hétérogènes avec OPCUA et un analyseur de configuration dédié . . . . .	1
Présentation de la plateforme matérielle et logicielle pour le pré-projet de l'accélérateur ICONE . . . . .	2
Présentation générale d'EPICS . . . . .	3
Automate de sécurité et réglementation . . . . .	3
Integration of Machine Learning-Based Plasma Acceleration Simulations into Geant4: A Case Study with the PALLAS Experiment . . . . .	3
Jumeaux Numériques . . . . .	4
Tagging en temps - Quelles possibilités à quel coût . . . . .	4
Grafana - Cas d'utilisation au CC . . . . .	4
Contrôle-Commande, Automatisme et Synchronisation de la nouvelle installation SPIRAL2-DESIR. . . . .	5
Interfaçage EPICS-OPCUA : mise en oeuvre au GANIL . . . . .	5
Quand EPICS rencontre les technologies Web : avantages, inconvénients et retours d'expérience . . . . .	6
Contrôle de la tension des haubans des arches de caméra des télescopes CTA . . . . .	6
Traitemet de signal REActif sur GPU embarqué . . . . .	6
Acquisition de données pour CTAO à l'aide de librairies standard et d'implementations maison . . . . .	7
Python en contrôle-commande et apports des LLM . . . . .	7
SINAPSE: "Simulateur Numérique pour l'Apprentissage Profond sur Système Embarqué"	9

Bringing Metrological Precision to Scientific Networks: Digital Solutions for Ultra-Stable Time and Frequency Transfer . . . . .	10
Discussions Licences, droits et valorisation . . . . .	10
Impact NIS2 dans la vie des expériences . . . . .	10
Format de données et systèmes de fichiers . . . . .	10
L'IA pour la conception et l'opération des accélérateurs de particules . . . . .	11
WhiterRabbit -Etat de l'art . . . . .	11
Discussions autour des prospectives techniques . . . . .	11
Retour d'expériences sur une architecture de contrôle-commande Rust utilisant MQTT	11
Le SBCT : un système de protection machine rapide pour la surveillance du courant faisceau . . . . .	12
TANGO & EPICS, retour d'expérience, forces et faiblesses . . . . .	12

1

## Introduction

2

## Talk de conclusion

Bloc sessions unique / 3

### Debruitage et deconvolution de signaux de détecteurs par Reseaux de Neurones

Auteur: Frederic DRUILLOLE<sup>1</sup>

<sup>1</sup> IN2P3 CENBG

Certaines expériences ont besoin d'étudier le signal formé dans le détecteur. D'un autre côté, l'emploi d'un CSA est indispensable pour sortir le signal du bruit. Comment retrouver la forme réelle du signal? Il faut réaliser une déconvolution en ligne. Un réseau de neurone peut sans doute réaliser cette fonction. Un démonstrateur est en cours de réalisation sur SoC Zynq. Je vous présenterai les avancées de cette nouvelle fonction de traitement du signal.

Bloc sessions unique / 5

### Evaluation d'une architecture multi-processeur RISC-V dans un FPGA Kintex

Auteur: Frederic DRUILLOLE<sup>1</sup>

<sup>1</sup> IN2P3 CENBG

C'est un travail exploratoire pour comprendre comment utiliser un RISC-V (Architecture simpleCycle) par canal d'acquisition dans un FPGA. Il s'agit de comprendre l'architecture de base d'un RISC-V, de gérer la communication vers l'exterieur, de déployer plusieurs processeurs dans un même FPGA (KINTEX Ultrascale), de comprendre comment partager de l'information entre eux et vers l'exterieur. Comment charger les programmes dans chaque processeur et d'executer leur code.

Bloc sessions unique / 6

### Intégration de systèmes de contrôle hétérogènes avec OPCUA et un analyseur de configuration dédié

Auteur: Katy Saintin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CEA

L'équipe du LDISC2 de l'IRFU est impliquée depuis les études de faisabilité jusqu'au déploiement des équipements dans divers expériences, qui varient en taille et en durée d'exploitation. Depuis de nombreuses années, LDISC utilise des solutions d'automates programmables industriels (PLC SIEMENS) pour contrôler certaines parties de ces expériences. Dans le cadre de la programmation d'automatisation, l'organisation des zones mémoire est cruciale pour un contrôle efficace et une bonne gestion des données. Lors de la programmation d'un PLC, nos programmeurs doivent définir les zones mémoire pour les entrées, les sorties, le stockage de données et les conditions intermédiaires ; ils mettent en œuvre une logique permettant de manipuler ces données en temps réel. Pour ce faire, nos ingénieurs automaticiens développent avec TIA Portal3, une suite logicielle fournie par SIEMENS.

En parallèle, les développeurs du LDISC sont de plus en plus mobilisés pour intégrer des systèmes hétérogènes (accélérateurs, aimants, Cryo, vide …). Et pour une partie, la solution EPICS[8] a été retenue. EPICS ayant évolué ces dernières années, propose des drivers assurant des protocoles standards pour établir la communication entre des automates et des programmes de supervision. Cependant, en raison du grand nombre de variables manipulées par les automates et afin de prévenir les erreurs humaines, il était essentiel de développer un outil permettant de générer automatiquement la base de données. Pour accélérer ce développement, un outil nommé PLC Parser Tool a été développé, et ce dernier génère automatiquement une base de données IOC EPICS pour la communication avec les PLC.

Par ailleurs, la supervision des PLC à l'IRFU repose sur des protocoles largement utilisés tels que S7 (S7NoDave4), S7PLC5, Modbus TCP[6], ainsi qu'un protocole interne nommé S7CEA. Ces dernières années OPCUA est un standard de plus en plus utilisé, que cela soit dans le domaine industriel ou dans les laboratoires de recherche. PLC Parser Tool a donc intégré OPC UA<sup>7</sup> dans la liste des protocoles pris en charge.

#### REFERENCES

- 1 IRFU, <http://irfu.cea.fr>
- 2 LDISC, Laboratoire de Développement et d'Intégration des Systèmes de Contrôle
- 3 SIEMENS TIA Portal <https://xcelerator.siemens.com/global/en/all-offerings/products/t/tia-portal.html>
- 4 S7NoDave, EPICS support
- 5 [S7PLC, EPICS support]<sup>3</sup>
- [6] Modbus TCP, EPICS support
- [7] [OPCUA, R. Lange]<sup>5</sup> Integrating OPC UA Devices in EPICS [doi:10.18429/JACoW-ICALEPCS2021-MOPV026]
- [8] EPICS, <https://epics-controls.org>

#### Bloc sessions unique / 8

## Présentation de la plateforme matérielle et logicielle pour le pré-projet de l'accélérateur ICONE

Auteur: Alexis Gaget<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CEA/IRFU

ICONE est un pré-projet visant à développer une source compacte de neutrons innovante basée sur la technologie HiCANS (High-Current Accelerator-driven Neutron Sources). Le CEA-IRFU, fort de son expérience acquise sur divers accélérateurs tels que SPIRAL2, ESS, IPHI et SARAF, est en charge de la conception du Linac. Cette présentation introduira nos plateformes logicielles et matérielles prévues pour être déployées dans le cadre d'ICONE.

Sur le plan logiciel, nous utiliserons le SCADA EPICS, basé sur EPNix, un environnement EPICS basé sur Nix. Cette plateforme facilitera l'installation de l'ensemble des modules logiciels de la galaxie Phoebus (alarmes, sauvegarde et restauration, etc.) ainsi que le déploiement des IOCs EPICS.

Sur le plan matériel, la plateforme retenue est MTCA.4, incluant des châssis NAT, des cartes d'acquisition IOxOS et D-TACQ pour l'acquisition rapide de données. Le système de synchronisation

sera assuré par des cartes MRF. Les automates Siemens (PLCs) prendront en charge les fonctions critiques de sûreté, telles que le contrôle du vide, les interlocks et les systèmes de refroidissement. Enfin, des systèmes Beckhoff seront utilisés pour les acquisitions lentes non critiques ainsi que pour les tâches de motorisation.

## Bloc sessions unique / 9

### Présentation générale d'EPICS

**Auteur:** Stéphane Tzvetkov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CEA

- Rappels de ce qu'est EPICS et de son fonctionnement.
- Présentation de "l'état de l'art" sous EPICS (à quoi peut ressembler une installation EPICS "typique" et "moderne"), plus particulièrement qu'est-ce qui diffère des standards de l'industrie informatique traditionnelle.
- Présentation des avantages et inconvénients d'EPICS (communauté, documentation, standards, courbe d'apprentissage, etc).
- Présentation de quelques nouveautés plus ou moins récentes dans la communauté EPICS (nouvelle source de documentation unifiée, nouveau chat EPICS, nouveaux protocoles de communication supportés, nouveaux outils graphiques, nouveaux gestionnaires de paquets, etc).
- Présentation des perspectives : quelle direction prend le projet EPICS, quelles sont les pistes intéressantes à suivre (selon moi), quelles sont les technos à la mode, etc.

## Bloc sessions unique / 10

### Automate de sécurité et réglementation

**Auteur:** Harold BZYL<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CNRS - iRSD

Les automates de sécurité jouent un rôle essentiel dans la protection des personnes, des machines et des installations industrielles. Conçus pour assurer un niveau élevé de fiabilité, ils exécutent des fonctions critiques telles que l'arrêt d'urgence, la surveillance des accès ou la gestion des défauts. Leur conception et leur utilisation s'appuient sur un cadre réglementaire strict, défini notamment par les directives européennes et des normes internationales. Le respect de ces normes garantit un niveau de Performance Level (PL) ou Safety Integrity Level (SIL) adapté aux risques identifiés. Ces référentiels, combinés aux pratiques d'ingénierie de la sécurité, permettent d'assurer une intégration cohérente, vérifiable et certifiable des fonctions de sécurité dans les environnements industriels ou de recherches modernes.

## Bloc sessions unique / 11

### Integration of Machine Learning-Based Plasma Acceleration Simulations into Geant4: A Case Study with the PALLAS Experiment

**Auteur:** Arnaud HUBER<sup>1</sup>

**Co-auteurs:** Alexey SYTOV <sup>2</sup>; Kévin CASSOU <sup>3</sup>; Mykyta LENIVENKO <sup>3</sup>; Viacheslav KUBITSKYI <sup>3</sup>

<sup>1</sup> LP2IB/CELIA

<sup>2</sup> INFN

<sup>3</sup> IJCLab

Plasma acceleration is a groundbreaking technology with applications in accelerator and light source facilities, medical and nuclear physics, and beyond. However, their development and optimization rely on computation-ally intensive Particle-in-Cell (PIC) simulations, requiring specialized expertise and multiple simulation tools, significantly limiting broader adoption.

Geant4 1 is a widely used Monte Carlo (MC) simulation toolkit for modeling particle interactions with matter in high-energy, nuclear, accelerator, medical physics and space science. Many Geant4 applications are adaptable for plasma acceleration, which is currently missing in this toolkit.

We present the first integration of a Machine Learning (ML)-based surrogate model [2-3], trained on PIC simulations, into Geant4 as a particle source. This enables the generation and tracking of plasma-accelerated beams within complete experimental setups, unifying plasma acceleration and MC-based simulations. Our implementation focuses on the PALLAS laser-plasma accelerator test facility 4, integrating its full experimental setup into Geant4. We describe the ML model, its integration into Geant4, and key simulation results, demonstrating the feasibility of start-to-end simulations of plasma acceleration applications within a unified framework.

#### References

1 S. Agostinelli et al., NIMA 506, 250-303 (2003).

2 G. Kane et al. arXiv2408.15845 (2024).

3 P. Drobniaik et al., PRAB 26, 091302 (2023)

4 <https://pallas.ijclab.in2p3.fr/>

## Bloc sessions unique / 12

### Jumeaux Numériques

**Auteur:** Mamadou Kaba TRAORE<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université de Bordeaux

Principe méthodologique des jumeaux numériques

## Bloc sessions unique / 14

### Tagging en temps - Quelles possibilités à quel coût

**Auteur:** Eric Legay<sup>1</sup>

<sup>1</sup> IJCLab - Informatique

Snapshot des possibilités

## Bloc sessions unique / 17

## Grafana - Cas d'utilisation au CC

**Auteur:** Guillaume BAULIEU<sup>1</sup>

<sup>1</sup> IN2P3 / IP2I

Utilisation de Grafana et OpenSearch au CC-IN2P3 pour le slowcontrol de l'expérience Ricochet.

### Bloc sessions unique / 19

## Contrôle-Commande, Automatisme et Synchronisation de la nouvelle installation SPIRAL2-DESIR.

**Auteur:** Laurent DAUDIN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> LP2I Bordeaux - CNRS

Le nouvelle installation DESIR va permettre de transporter, purifier et étudier les ions exotiques produits par les accélérateurs du GANIL (Cyclotrons et LINAC SPIRAL2) depuis les sites de productions SPIRAL1 et S3. La composition et l'architecture des systèmes de Contrôle-Commande, Automatisme et Synchronisation mis en œuvre pour DESIR seront présentés après une présentation générale du besoin et des contraintes liées à l'exploitation de cette installation.

### Bloc sessions unique / 20

## Interfaçage EPICS-OPCUA : mise en oeuvre au GANIL

**Auteur:** olivier DELAHAYE<sup>1</sup>

<sup>1</sup> GANIL

La norme OPC UA (Open Platform Communications Unified Architecture), définie par l'IEC 62541, est un standard international destiné à l'échange de données industrielles. De plus en plus adoptée, elle séduit par ses atouts majeurs : simplicité, sécurité et interopérabilité.

Contrairement à Modbus, qui repose sur des adresses mémoire, OPC UA considère chaque donnée comme un noeud. Ces noeuds peuvent être enrichis de métadonnées (unité, type, hiérarchie, etc.) et organisés en structures de données représentant, par exemple, des équipements entiers dans le domaine des accélérateurs.

Le protocole intègre nativement des mécanismes de sécurité (chiffrement et authentification via certificats numériques) et supporte plusieurs modes de communication : TCP/IP, HTTPS ou MQTT, avec deux architectures possibles :

- Client/Serveur pour des échanges ciblés,
- Publish/Subscribe pour une diffusion en temps réel vers plusieurs clients.

Au GANIL, les automates industriels Siemens embarquent un serveur OPC UA. Pour leur intégration dans l'écosystème de contrôle EPICS, la communauté met à disposition un module officiel basé sur deux bibliothèques C :

- Unified Automation C++ OPC UA (commerciale),
- open62541 (open source).

Nous avons retenu la solution open source et développé un outil doté d'une IHM. Celui-ci permet de s'interfacer avec un automate et de générer automatiquement le code de l'IOC. L'utilisateur n'a qu'à saisir l'adresse IP de l'automate ; l'outil lit alors directement les données OPC UA et crée les PVs EPICS correspondants. L'outil est actuellement en période de beta test dans le cadre du développement EPICS sur le projet DESIR.

**Bloc sessions unique / 21****Quand EPICS rencontre les technologies Web : avantages, inconvénients et retours d'expérience****Auteur:** olivier DELAHAYE<sup>1</sup><sup>1</sup> GANIL

Quand EPICS rencontre les technologies Web : avantages, limites et retours d'expérience  
L'accélérateur SPIRAL2, en service depuis 2021, repose sur un système de contrôle basé sur EPICS. L'une de ses applications majeures est la gestion des paramètres des dispositifs de réglage du faisceau (aimants, RF, etc.), soit environ 80 000 variables EPICS. Cette fonctionnalité est essentielle pour réduire le temps de mise en configuration de l'accélérateur et pour reproduire aisément le réglage d'un faisceau d'une année sur l'autre.

Les technologies Web étant reconnues pour leurs atouts —portabilité, maintenance simplifiée, meilleure utilisation des ressources matérielles et sécurité centralisée— nous avons entrepris de les évaluer, dans la perspective d'un projet de rénovation plus ambitieux.

Cet article détaille la conception de l'architecture logicielle, côté client comme côté serveur, ainsi que les technologies retenues (framework web, API REST, serveur web, base de données et ORM). Il expose également les résultats obtenus avec l'application Web, notamment :

- la gestion des caractéristiques de faisceau,
  - le rechargement et l'application de configurations prédéfinies sur les dispositifs de réglage.
- Enfin, après quatre mois d'exploitation en 2024 avec cette nouvelle solution, nous aborderons une question centrale :  
■ les technologies Web représentent-elles un choix pertinent pour l'interface utilisateur d'un système de contrôle-commande ?

**Bloc sessions unique / 22****Contrôle de la tension des haubans des arches de caméra des télescopes CTA****Auteur:** Éric Chabanne<sup>1</sup><sup>1</sup> LAPP Annecy - CNRS

[Python, OPCUA, Codesys, Profinet, NanoPi]

Les caméras utilisées dans les télescopes CTA de grande taille sont fixées dans un cadre de caméra lui-même fixé à l'extrémité d'une arche réalisée en fibres de carbone et haubanée à la parabole du télescope.

<https://www.ctao.org/emission-to-discovery/telescopes/lst/>

Les caméras mesurant environ 3x3m<sup>2</sup> pour un poids d'environ 2 tonnes et ayant une distance focale de 14 m, il est nécessaire d'avoir un ensemble mécanique parfaitement compact et aligné avec précision aussi bien lors des phases de rotation des télescopes, que lors des opérations de verrouillage/déverrouillage de l'ensemble en position de parking.

La présentation détaillera la solution technique mise en œuvre pour réaliser la mise en tension des haubans lors des phases de fixation de l'arche sur la parabole des LST 2,3 et 4.

**Bloc sessions unique / 24****Traitements de signal REActif sur GPU embarqué**

**Auteur:** sebastien COUDERT<sup>1</sup>

**Co-auteurs:** Maria BLAIZOT<sup>1</sup>; Patrice Bourgault<sup>1</sup>

<sup>1</sup> cnrs

Notre module d'acquisition 16 voies (NumExo2) pour la physique nucléaire implémente le traitement du signal dans sa partie électronique (FPGA) avec un langage de programmation d'électronicien (VHDL). Les temps de développement sont longs par rapport à ceux réalisés en informatique, typiquement 3 heures de "compilation".

Le projet REActif du groupe d'acquisition du GANIL vise à raccourcir ce temps et à gagner en souplesse d'algorithme implémenté. Typiquement, les opérations en virgule flottante sont extrêmement coûteuses en ressources électroniques (FPGA), alors qu'elles sont natives côté informatique (CPU ou GPU).

Un module embarqué a été créé, pouvant **embarquer un ordinateur du type Nvidia Jetson** (de 128 à 384 coeurs GPU) et disposant d'une **interface réseau SFP** (1 à 10 Gbps Ethernet) afin de recueillir les signaux en provenance des modules de numérisation.

Le démonstrateur embarque l'implémentation du calcul de traitement du signal (calcul d'énergie) sur le **GPU embarqué**, à l'identique de celui du module NumExo2. L'architecture logicielle est conçue afin de **faciliter le codage algorithmique** plutôt que de privilégier des optimisations difficiles à maintenir.

Les **gains en performances** du module sont :

- 10x en temps de calcul,
- 10x en encombrement,
- 10x en énergie.

La présentation développe rapidement le projet complet et **détaille l'architecture choisie** (matériel/logiciel) ainsi que **son implémentation** (C++/CUDA). La **consommation énergétique** d'utilisations diverses est présentée par rapport aux performances obtenues.

## Bloc sessions unique / 25

### Acquisition de données pour CTAO à l'aide de librairies standard et d'implementations maison

**Auteur:** Etienne Lyard<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université de Genève

Cette contribution décrira l'usage qui est fait de librairies standard comme ZeroMQ et les protocoles buffers de Google pour l'acquisition de données du réseau de télescopes de Tcherenkov CTAO et les comparera à l'usage qui est fait d'implementations maison comme notre usage du format ZFITS, vers lequel nous écrivons les données brutes en utilisant un format de compression particulièrement adapté aux données qui sont traitées.

## Bloc sessions unique / 26

### Python en contrôle-commande et apports des LLM

**Auteur:** Thomas GEMOND<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CNRS-LPSC

## Présentation : Python en contrôle-commande et apports des LLM

### 1. Introduction (2 min)

- Contexte : contrôle-commande → automatisation, supervision, communication avec des systèmes complexes
- Objectif : montrer l'usage de Python et l'apport des LLM dans le développement, en s'appuyant sur **des pratiques et outils mis en place dans mes projets**

*Slide : Titre + image symbolisant contrôle-commande (automate ↔ PC)*

---

### 2. Python en contrôle-commande (4 min)

- Points forts : simplicité, écosystème riche (PyEpics, PyQt, asyncio···), rapidité de prototypage
- Exemples d'utilisation :
  - scripts pour piloter des équipements
  - acquisition et traitement de données
  - interfaces homme-machine (IHM)
  - intégration avec systèmes existants
- Complément : **Python comble ses propres faiblesses** (performance, accès bas niveau) en s'appuyant sur d'autres langages, par ex. **C++ pour la communication hardware** ou bibliothèques optimisées en C

*Slides :*

- Schéma d'architecture (capteurs → Python → visualisation/commande)
  - Exemple de code Python minimaliste (5–6 lignes lisibles)
  - Encadré illustrant l'intégration Python ↔ C++ (wrapper, bindings)
- 

### 3. LLM dans le développement (4 min)

- Pourquoi ? Gain de productivité, génération de code, documentation, conception d'architectures
- Cas d'usage concret :
  - génération rapide de scripts de test
  - assistance à la documentation utilisateur
  - proposition de solutions d'architecture
- **validation / qualification automatisée de code** (tests unitaires, conformité aux standards)
- Limites : nécessite validation humaine, ne remplace pas l'expertise

*Slides :*

- Schéma : développeur ↔ LLM ↔ code Python
  - Exemple d'interaction : “propose des tests unitaires pour un module Python de communication”
  - Pipeline de tests automatisés avec une brique “LLM”
-

#### 4. Approche de développement (4 min)

- Mise en place d'une **approche structurée** pour combiner Python, contrôle-commande et intelligence artificielle
- Objectifs :
- clarifier l'architecture des projets
- faciliter l'intégration des modules Python
- expérimenter l'usage des LLM dans un cadre concret
- Illustration : exemple d'un mini-projet où Python pilote un équipement et où un LLM aide à valider/qualifier le code

*Slides :*

- Schéma d'architecture projet (couches/modules)
  - Exemple concret d'intégration Python + LLM dans un workflow de développement
- 

#### 5. Conclusion & ouverture (1 min)

- Bilan :
- Python = outil clé en contrôle-commande
- LLM = accélérateur et validateur
- Approche structurée = amélioration de la qualité et de la productivité
- Perspectives :
- renforcer la fiabilité
- démocratiser l'usage des LLM dans l'industriel

*Slide : 3 bullet points de conclusion + image symbolique (futur de l'automatisation)*

Bloc sessions unique / 27

## SINAPSE: "Simulateur Numérique pour l'Apprentissage Profond sur Système Embarqué"

**Auteur:** David Etasse<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *LPC Caen*

Le projet FASTER, développé par le LPC Caen, vise à optimiser la collecte et l'analyse des données en physique nucléaire et des particules. Sa version actuelle, FASTERv2, est un système modulaire et adaptable utilisé dans plus de 24 laboratoires à travers le monde. Grâce à des algorithmes embarqués dans des composants programmables, FASTERv2 traite les données au plus près des détecteurs, réduisant les délais et optimisant la bande passante. Toutefois, ses limites résident dans la complexité de développement des algorithmes, actuellement codés dans un langage de description matériel.

La prochaine version, FASTERv3, proposera une architecture avancée intégrant des composants programmables associés à des processeurs graphiques connectés via un réseau ultra-rapide afin de permettre aux chercheurs de concevoir facilement leurs propres algorithmes, y compris ceux basés sur des réseaux neuronaux.

En effet, depuis plusieurs années, l'intelligence artificielle révolutionne l'analyse des données expérimentales. Par exemple, des réseaux neuronaux améliorent l'identification des particules issues de la

réaction nucléaire. De plus, des auto-encodeurs pourraient permettre de compresser les données et de détecter les anomalies en temps réel, comme cela a été testé avec succès au CERN.

Nous voulons, au travers du projet SINAPSE, développer un simulateur nous permettant de valider à la fois ces concepts, développer les outils logiciels et présenter les résultats.

Les risques inhérents à toutes ces innovations seront portés par le projet SINAPSE dont la conclusion doit ouvrir une voie sûre au déploiement de ces technologies dans notre communauté internationale d'utilisateurs, réduisant les coûts et la complexité de mise en œuvre de leurs expériences tout en améliorant la qualité des résultats scientifiques.

#### Bloc sessions unique / 29

### Bringing Metrological Precision to Scientific Networks: Digital Solutions for Ultra-Stable Time and Frequency Transfer

The REFIMEVE project establishes the French national metrological network for the dissemination of ultra-stable time and frequency signals over optical fiber. This infrastructure, extending across the academic and scientific landscape, enables laboratories and large-scale facilities to access reference signals directly traceable to national standards.

In this talk, I will first introduce the REFIMEVE network architecture and its performance, achieved through active compensation of fiber noise over long-haul links. I will then present ongoing developments in high-performance, low-noise digital electronics, focusing on the Idrogen board, a new platform to deliver precise and low-jitter timing signals over fiber networks. Its metrological characterization will illustrate the performance limits now attainable for time and frequency transfer. Finally, I will discuss how these technologies open new possibilities for scientific applications requiring picosecond-level synchronization, including very-long-baseline interferometry (VLBI) and multi-messenger astronomy, as well as prospective connections to major European research infrastructures.

#### Bloc sessions unique / 30

### Discussions Licences, droits et valorisation

**Auteurs:** Philippe Gauron<sup>1</sup>; Souleymane Kamara<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Université Paris-Saclay, CNRS/IN2P3, IJCLab

<sup>2</sup> CNRS

#### Bloc sessions unique / 31

### Impact NIS2 dans la vie des expériences

#### Bloc sessions unique / 33

### Format de données et systèmes de fichiers

Formats de fichiers après l'acquisition de données, usages au CC-IN2P3  
Tour d'horizon rapide de ce qui est disponible et fait au CC-IN2P3 pour les données des collaborations

#### Bloc sessions unique / 34

### L'IA pour la conception et l'opération des accélérateurs de particules

**Auteurs:** Adnan GHRIBI<sup>1</sup>; Barbara Dalena<sup>None</sup>; Hayg Guler<sup>2</sup>; Kevin Cassou<sup>3</sup>

<sup>1</sup> GANIL

<sup>2</sup> IJCLAB

<sup>3</sup> CNRS - IJClab

L'intelligence artificielle (IA) s'impose aujourd'hui comme un levier majeur d'innovation pour les infrastructures de recherche. Dans le domaine des accélérateurs de particules, elle ouvre des perspectives inédites pour le pilotage en temps réel, le diagnostic prédictif, l'optimisation des faisceaux et la conception de nouveaux dispositifs.

Cette présentation proposera une vue d'ensemble des approches et applications de l'IA dans les accélérateurs, avec un focus sur les projets et initiatives portés par des laboratoires de l'IN2P3 (GANIL, IJCLab, LPSC, etc.), tout en les inscrivant dans une dynamique européenne plus large (TwinRISE, ARTIFACT, MLAcc).

L'exposé mettra en lumière les enjeux techniques et organisationnels de cette transformation : intégration avec les chaînes de contrôle-commande (EPICS, TANGO), gestion et annotation des données, reproductibilité et explicabilité des modèles, et alignment avec les cadres réglementaires et éthiques (AI Act, sûreté, traçabilité).

#### Bloc sessions unique / 35

### Whiterabbit -Etat de l'art

#### Bloc sessions unique / 36

### Discussions autour des prospectives techniques

#### Bloc sessions unique / 37

### Retour d'expériences sur une architecture de contrôle-commande Rust utilisant MQTT

**Auteur:** Claude-Alban RANÉLY-VERGÉ-DÉPRÉ<sup>1</sup>

**Co-auteurs:** Eric KAJFASZ<sup>2</sup>; Mathieu DUPONT<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Aix Marseille Univ, CNRS/IN2P3, CPPM, Marseille, France

<sup>2</sup> CPPM (CNRS/IN2P3 & AMU)

Dans le cadre du projet LISA (Laser Interferometer Space Antenna), un banc de test rassemblant plusieurs instruments doit être produit par plusieurs partenaires du consortium. L'architecture logicielle retenue pour le contrôle-commande, dont le développement a été confié au CPPM, se compose de plusieurs briques logicielles peu conventionnelles associées entre elles :

1. Le langage de programmation système Rust,
2. Le protocole de messagerie publication-abonnement (publish-subscribe) basé sur le protocole TCP/IP, MQTT,
3. Le système d'exploitation libre GNU/Linux

La présentation fera un retour d'expériences sur l'usage de ces technologies prises séparément et de leurs synergies prises ensemble.

### Bloc sessions unique / 38

## Le SBCT : un système de protection machine rapide pour la surveillance du courant faisceau

**Auteur:** Victor Nadot<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CEA

Le SBCT (Section Beam Current and Transmission board) est un système développé par le CEA dans le cadre du projet SARAF pour assurer la surveillance du courant et de la transmission du faisceau dans l'accélérateur de particules. Intégré au Machine Protection System (MPS), il permet de détecter immédiatement toute anomalie faisceau susceptible d'endommager la machine.

Basé sur des mesures de courant issues des ACCT (AC Current Transformers) répartis le long de la ligne faisceau, le SBCT effectue un traitement et une analyse en temps réel sur FPGA, reposant sur une architecture MicroTCA et des cartes IOxOS. Ce dispositif garantit une détection de défauts en moins de 5 µs. Le système est intégré dans le système de contrôle EPICS, assurant son pilotage et sa supervision.

Cette présentation décrit le design matériel et logique du SBCT, les tests de validation réalisés, son déploiement opérationnel au sein du SARAF, ainsi que sa généricité, ouvrant la voie à son réemploi dans d'autres projets d'accélérateurs.

### Bloc sessions unique / 39

## TANGO & EPICS, retour d'expérience, forces et faiblesses

**Auteurs:** Katy SAINTIN<sup>1</sup>; Philippe Gauron<sup>2</sup>

<sup>1</sup> CEA/DRF/IRFU

<sup>2</sup> Université Paris-Saclay, CNRS/IN2P3, IJCLab

Les systèmes de contrôle EPICS et TANGO sont les deux **Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)** les plus utilisés dans les grands instruments scientifiques comme les accélérateurs de particules ou les télescopes. Ces deux SCADA sont des cadres logiciels (frameworks) qui proposent un bus de communication et des services tels qu'un gestionnaire des alarmes ou un archivage des données, ils peuvent aussi inclure des outils d'administration pour le déploiement des modules. Ils sont organisés en trois tiers : matériel, communication, logique métier.

Des synchrotrons européens tel qu'ALBA, DESY, ELETTRA, ESRF, MAX-IV, ou SOLEIL, et des télescopes tel que SKA ont adopté TANGO comme système de contrôle. Celui-ci, créé après EPICS, propose une architecture orientée objet modulaire et flexible.

Au laboratoire IJCLab, à l'IN2P3, TANGO a été choisi par le projet ThomX, lauréat d'une ANR et collaborant avec SOLEIL, il a aussi été déployé pour le contrôle-commande de projets comme Dellight, PALLAS et TWAC, tandis que le projet PERLE utilise EPICS.

Au laboratoire LDISC, à l'IRFU, le SCADA EPICS a été retenu pour le pilotage des équipements, et il coexiste parfois dans des projets avec MUSCADE, une solution interne de micro-SCADA ( $\mu$ SCADA) dédiée aux expériences compacte développée en Java. EPICS est un système de contrôle-commande distribué conçu pour piloter des dispositifs tels que les accélérateurs de particules, les grandes installations et les grands télescopes.

Certains instruments ont développé de passerelles permettant de bénéficier d'apports d'EPICS pour TANGO et inversement.

Au travers des retours d'expérience à SOLEIL et à l'IRFU, des besoins et critères techniques, nous présentons une étude comparative, permettant d'identifier les forces et faiblesses de chacun des deux SCADA au regard des pratiques de nos instituts, afin de guider les futurs utilisateurs et utilisatrices pour s'orienter sur la solution la plus adaptée.