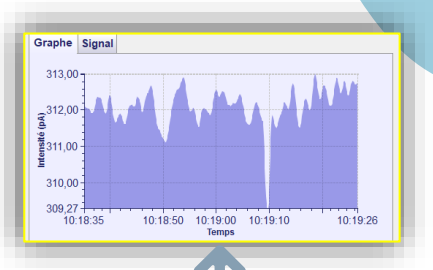
Introduction à la TECHNOLOGIE EPICS

E*xperimental*
P*hysics &*
I*ndustrial*
CONTROL
SYSTEM



… application aux faisceaux d'ions

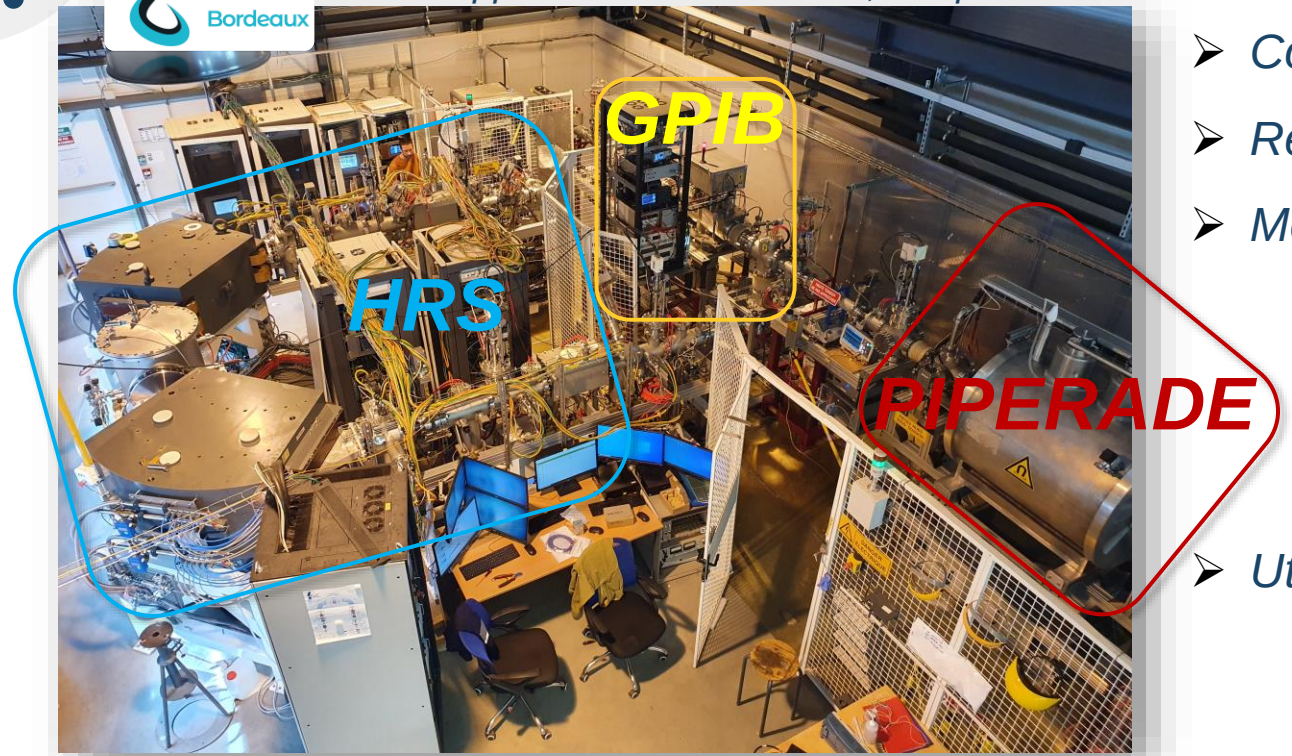
Laurent DAUDIN

LP2i Bordeaux
université BORDEAUX
cnrs IN2P3 Les deux infinis

Spiral2 DESIR

Système de Contrôle : Pour faire quoi ?

LP2i Bordeaux : *Développements d'instruments, d'expériences …*



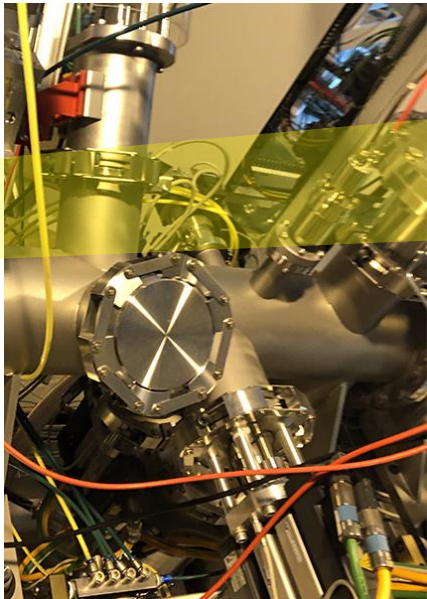
- *Contrôle à distance*
- *Réglage & Optimisation*
- *Mesures des performances*

- *Utilisation au GANIL*

Spiral2 DESIR

Système de Contrôle : Pour contrôler quoi ?

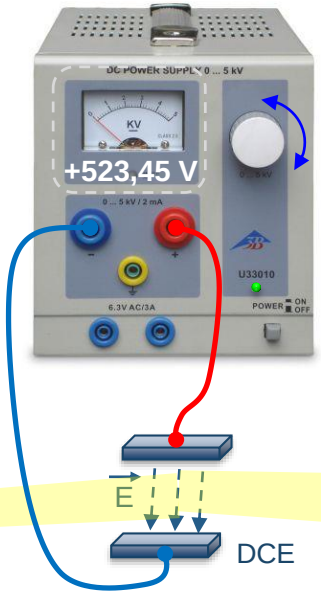
Faisceau d'ions +

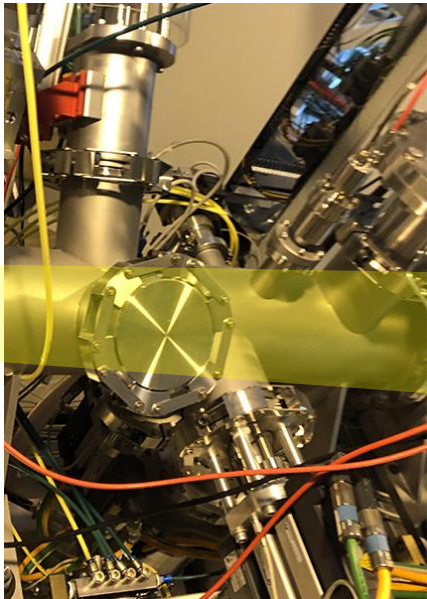


1. Corriger la trajectoire du faisceau d'ions

Système de Contrôle pour piloter …

une Alimentation électrique



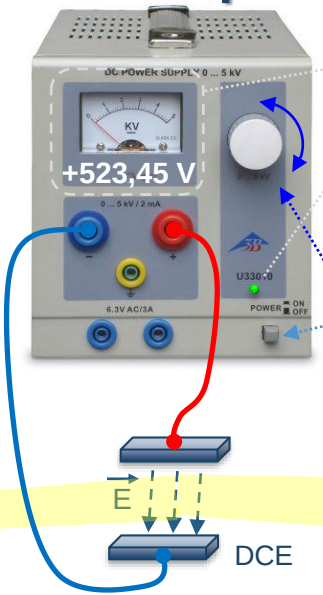


1. *<u>Corriger la trajectoire</u> du faisceau d'ions*
   - ➢ *Déflecteur électrostatique*

Nommage GANIL : DCE = Dipôle de Correction Electrostatique

Système de Contrôle pour piloter …

Alimentation électrique

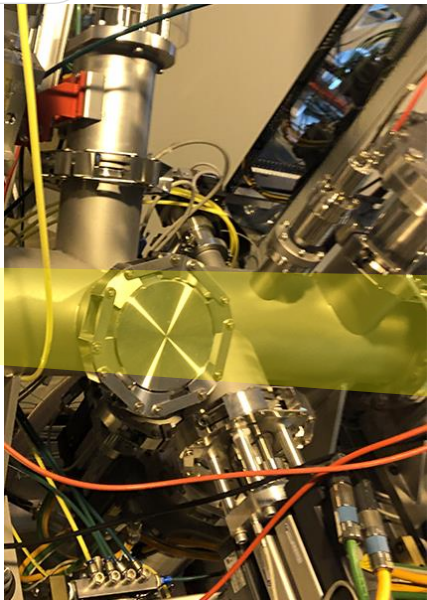


Connaitre son Etat :

- ❑ **En marche ?** — *Pwr : ON*
- ❑ **Quelle Tension** actuellement **?** — *VAct : 523,45 V*
- ❑ Quel courant débité mesuré ? — *Imes : 0,042 mA*
- ❑ En défaut ? — *Defect : OK (OverTemp / Trip / ..)*
- ❑ Quelle Tension demandée ? — *VConsRB : 523,0 V*
- ❑ Quel courant max autorisé ? — *IConsRB : 0,1 mA*
- ❑ *….. rampe, température, localisation, …*

Commandes à distance :

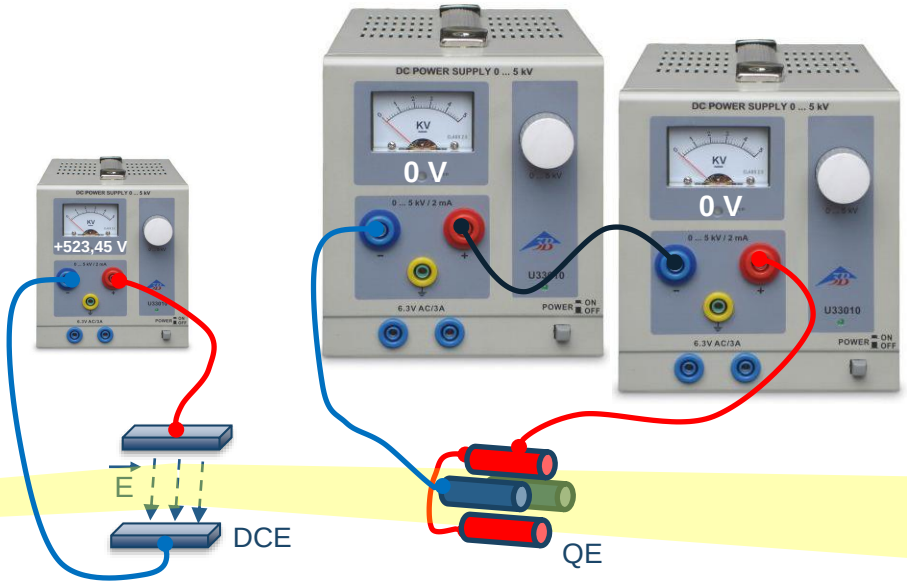
- ➢ **Eteindre l'alimentation** — PwrCmd = OFF
- ➢ **Modifier la Tension** de Consigne — Vcons = 600 V
- ➢ Modifier l'intensité max. autorisée — Icons = 0,1 mA
- ➢ « Reset » d'une Alarme …



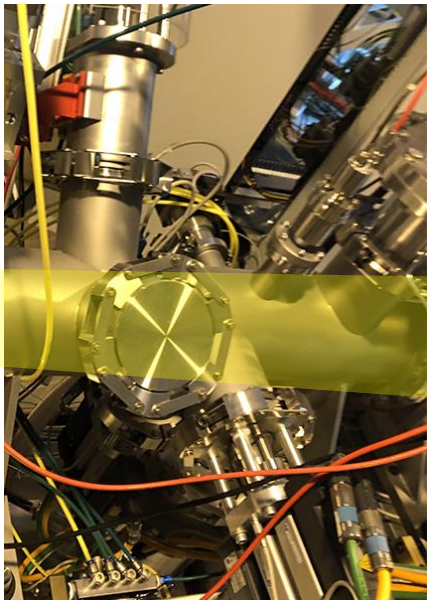
1. *Corriger la trajectoire du faisceau d'ions*
   - ➢ *Déflecteur électrostatique*

Système de Contrôle pour piloter …

d'autres Alimentations électriques

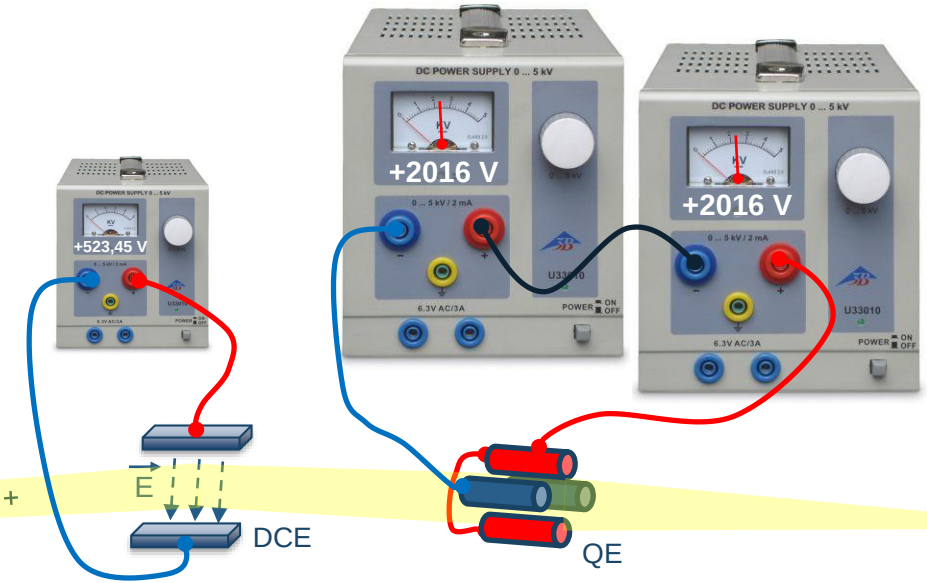


1. *Corriger la trajectoire du faisceau d'ions*
2. *Focaliser le faisceau*
   - ➢ *Quadripôle(s) Electrostatique(s)*

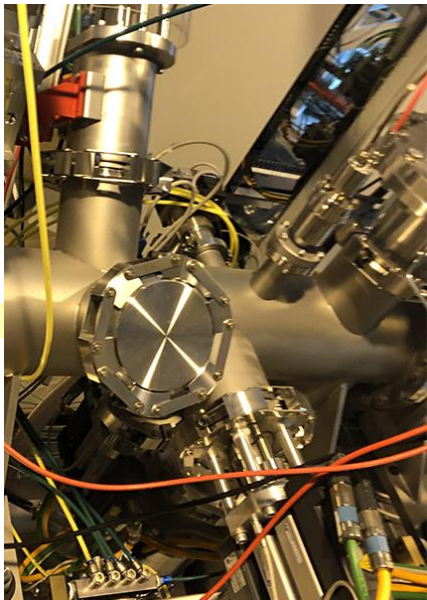


Système de Contrôle pour piloter …

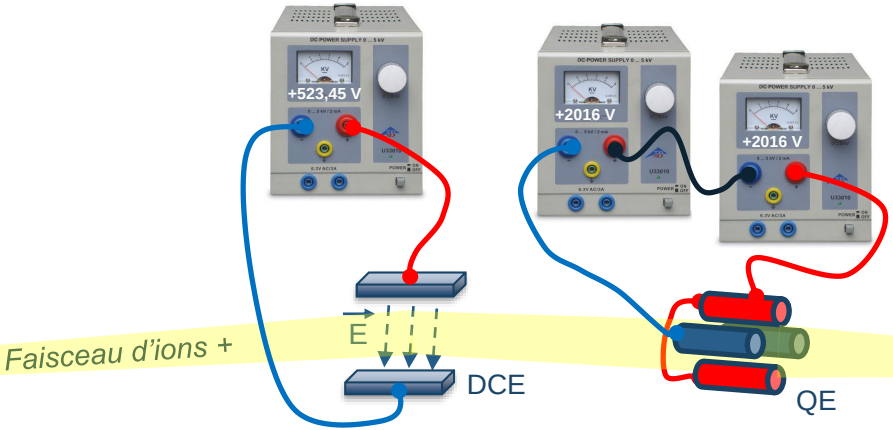
… des alimentations électriques



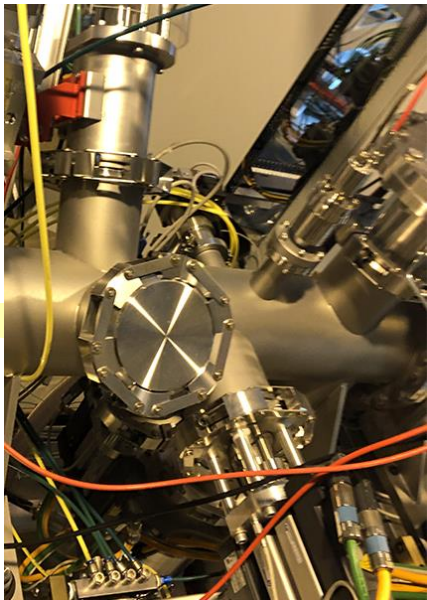
1. *Corriger la trajectoire du faisceau d'ions*
2. *Focaliser le faisceau*
   - ➢ *Quadripôle(s) Electrostatique(s)*



Système de Contrôle pour mesurer



1. *Corriger la trajectoire du faisceau d'ions*
2. *Focaliser le faisceau*
3. *Mesurer l'intensité du faisceau*



Système de Contrôle pour mesurer

Lire les données de mesure :

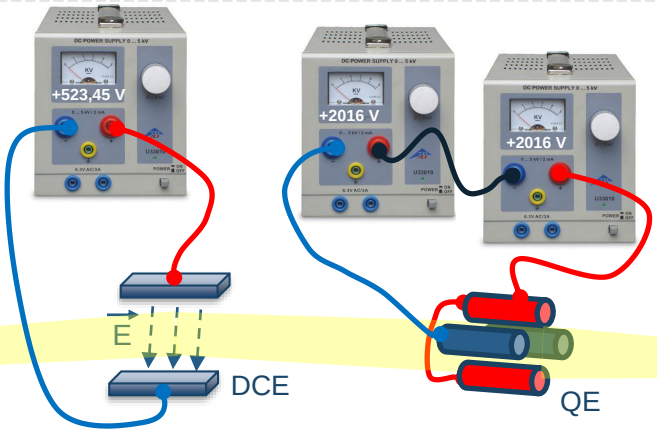
- ❑ **Quel Courant Mesuré ?** — *IMes : 87 fA*
- ❑ **Quelle Gamme** sélectionnée **?** — *Gamme : 10 pA*

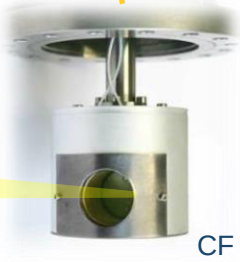
Commandes à distance :

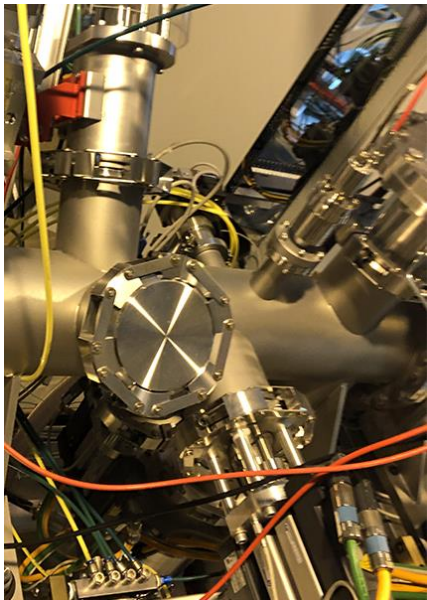
- ➢ **Changer la Gamme de mesure** — GammeCmd = 100 pA

Pico-Ampèremètre

Courant (pA)





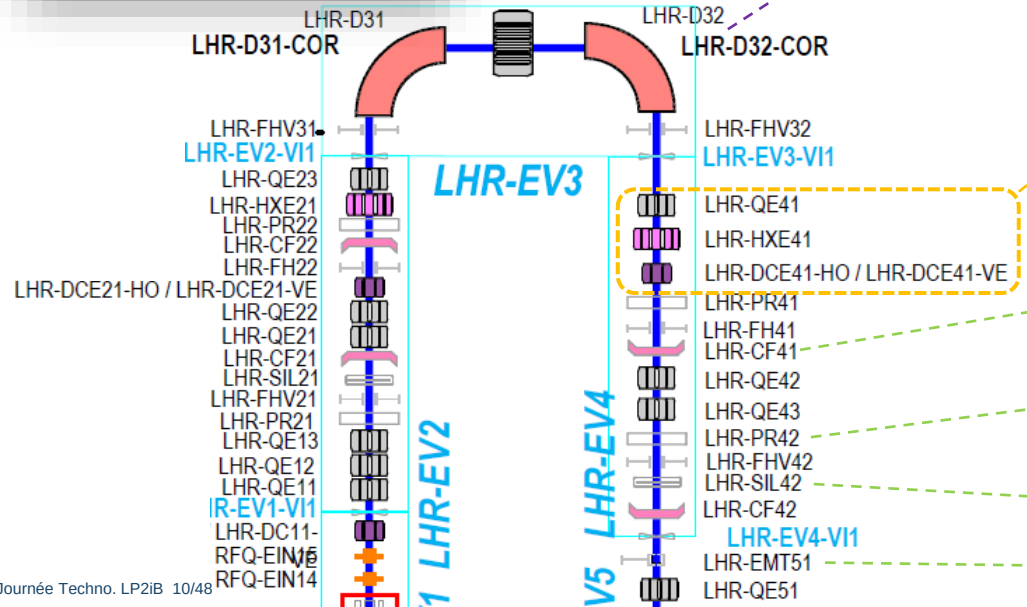


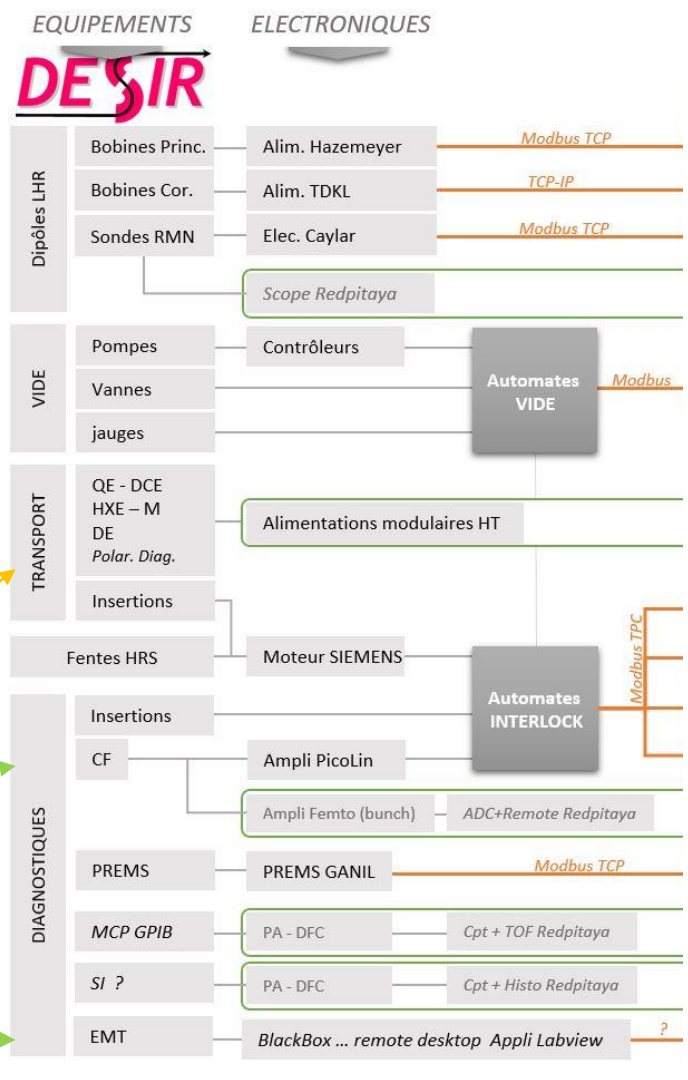
1. *Corriger la trajectoire du faisceau d'ions*
2. *Focaliser le faisceau*
3. *Mesurer l'intensité du faisceau*

diagnostique

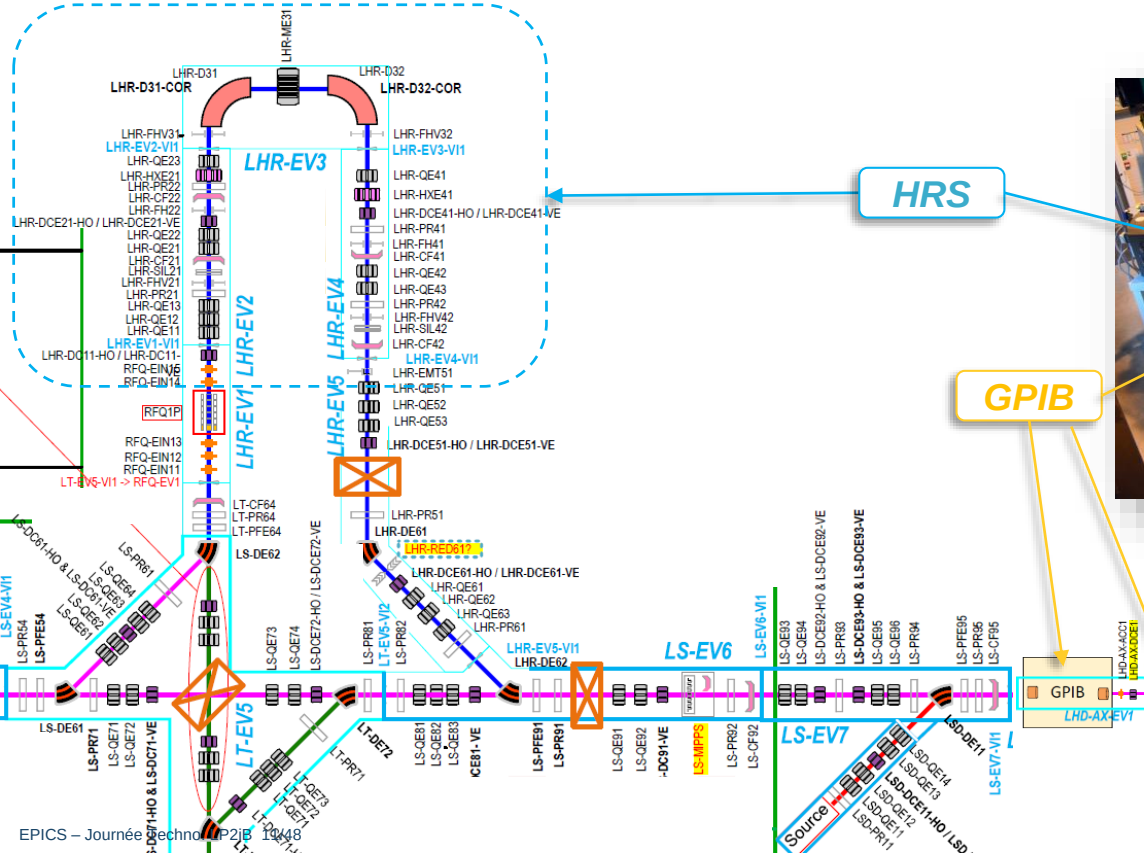
➢ *Coupelle de Faraday*

Equipements à contrôler



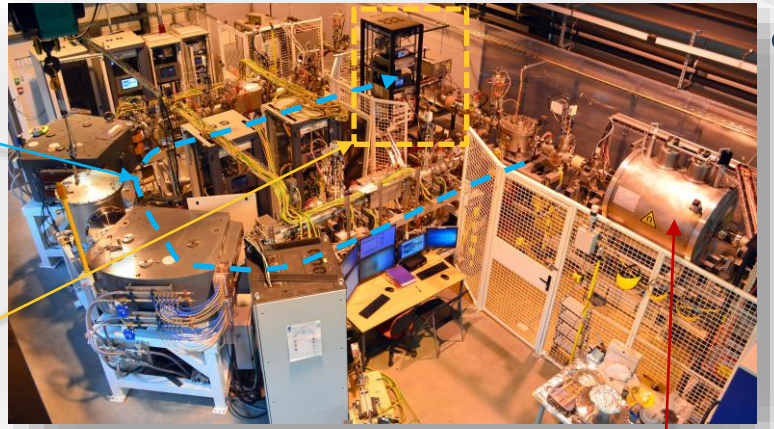


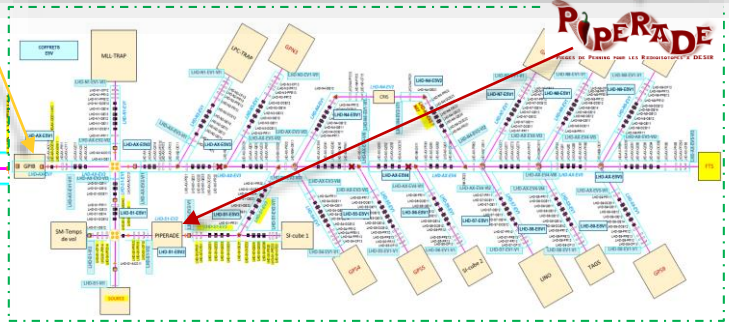
Grand nombre d'équipements à contrôler …



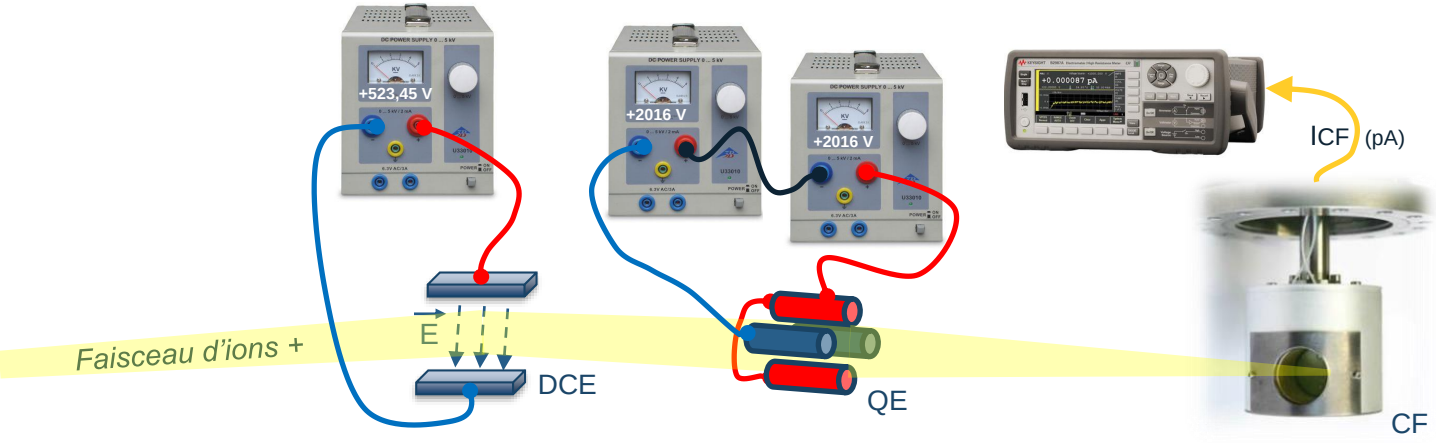
HRS

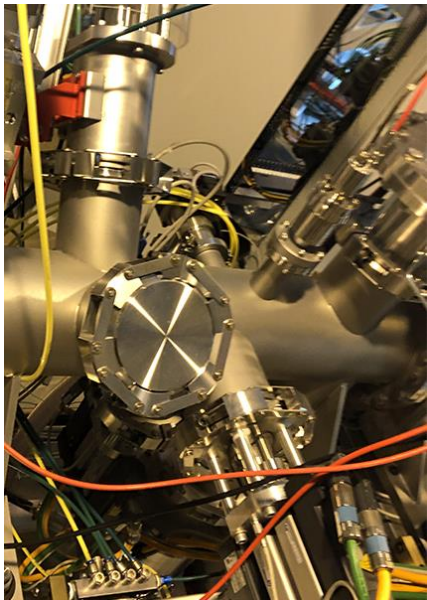
GPIB





Contrôle à distance : Comment ?





Contrôle à distance …. 1990

Contrôle principalement
« Analogique »

0 … 10V

+523,45 V

+2016 V

+2016 V

ICF (pA)

Faisceau d'ions +

E

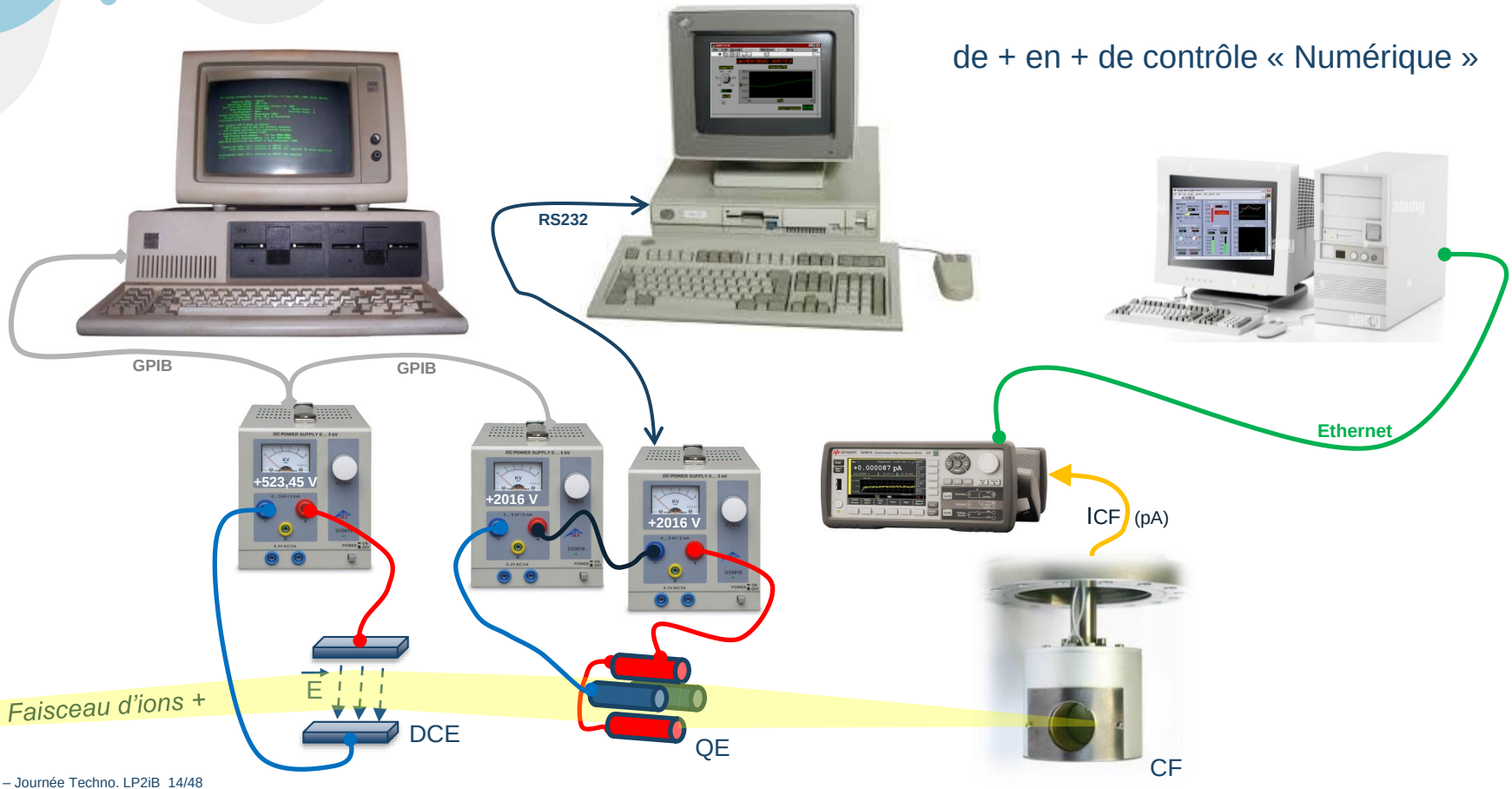
DCE

QE

CF

Contrôle à distance 1980's … 2000's

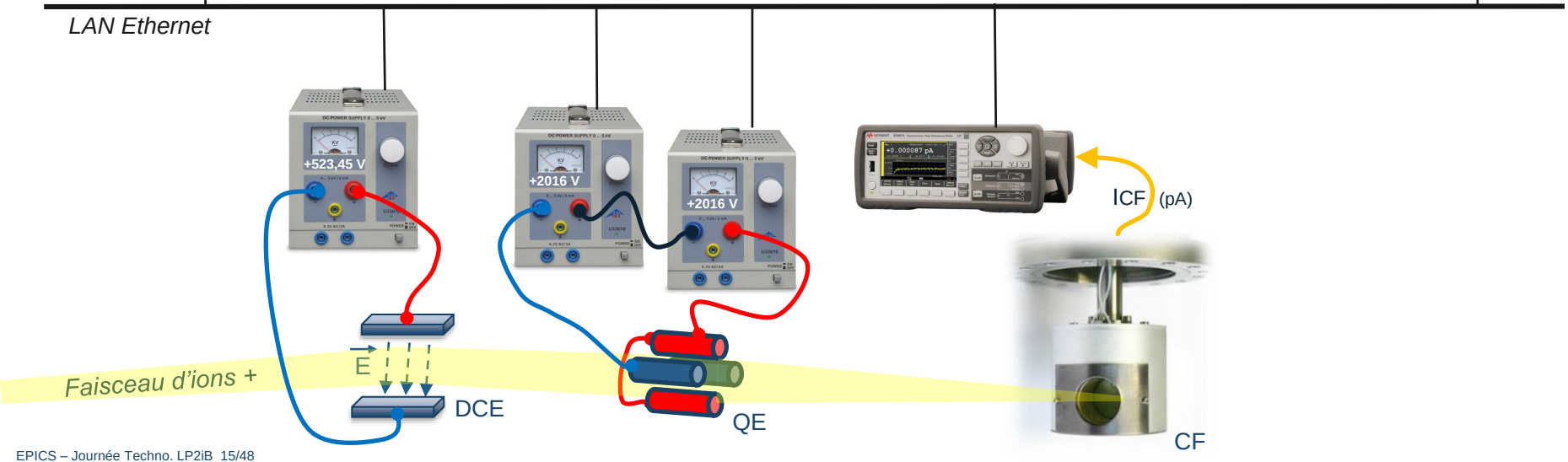
de + en + de contrôle « Numérique »



Contrôle à distance Aujourd'hui

Numérique
par réseau Ethernet

LAN Ethernet



Pourquoi EPICS au LP2iB ?

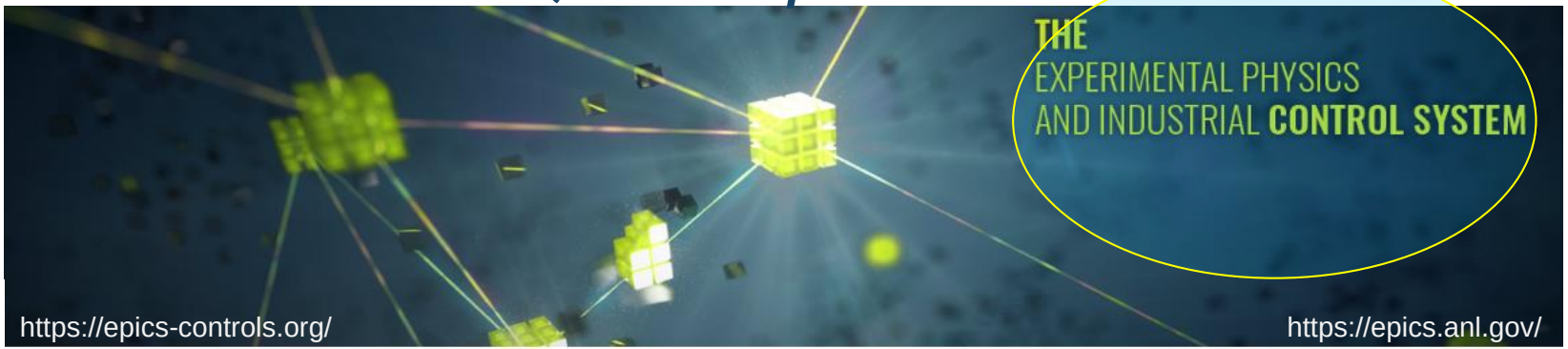
LP2i Bordeaux

EPICS

Salles de Controle de TGIR

EPICS

Qu'est-ce qu'EPICS ?



1 une Collaboration

FREE AND OPEN SOURCE

DEVELOPED COLLABORATIVELY

POWERFUL AND RELIABLE

- Début : 1989 aux USA : LANL / ANL (*Bob Dalesio & Marty Kraimer*)
- Aujourd'hui utilisé dans le monde entier pour des TGIR :
  - *Accélérateurs, Synchrotrons, Télescopes …*
  - *En France : ITER, SPIRAL2*
  - *MYRRHA en Belgique…*
- Partage des développements (Applications, Modules)

- *autre système C/C open source / distribué / SCADA :* TANGO https://www.tango-controls.org/

Qu'est-ce qu'EPICS ?

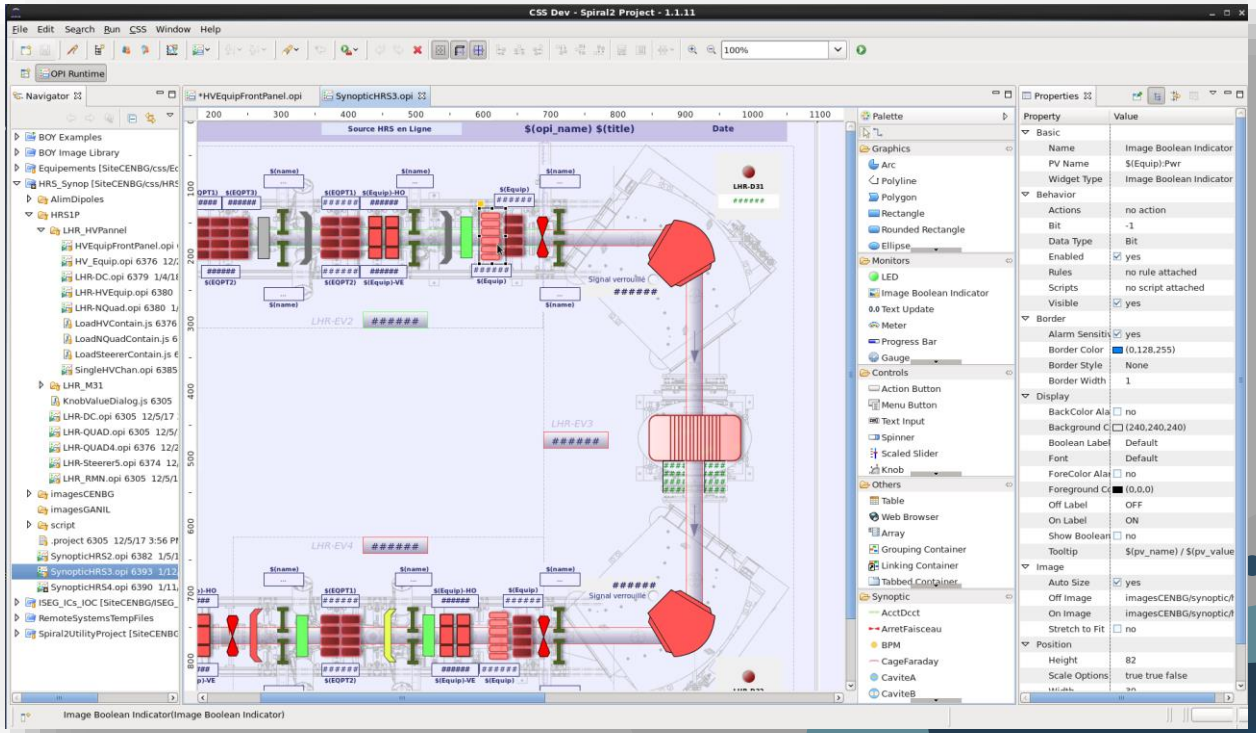
2 Ensemble d'outils logiciels et Applications

Exemple d'outil logiciel EPICS :

CSS (… Phoebus)
« Control System Studio »

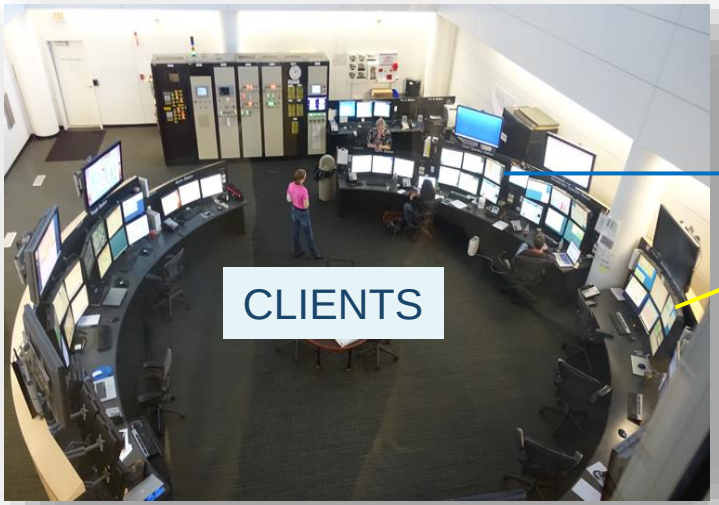
utilisé pour
la création

d'Interfaces Utilisateurs



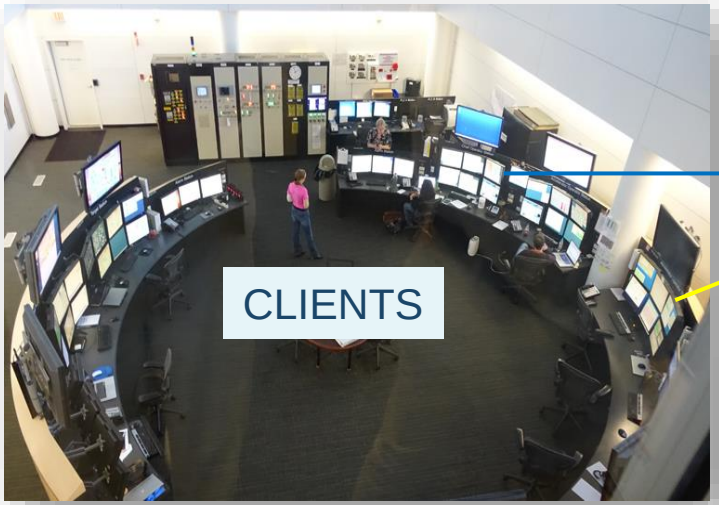
Qu'est-ce qu'EPICS ?

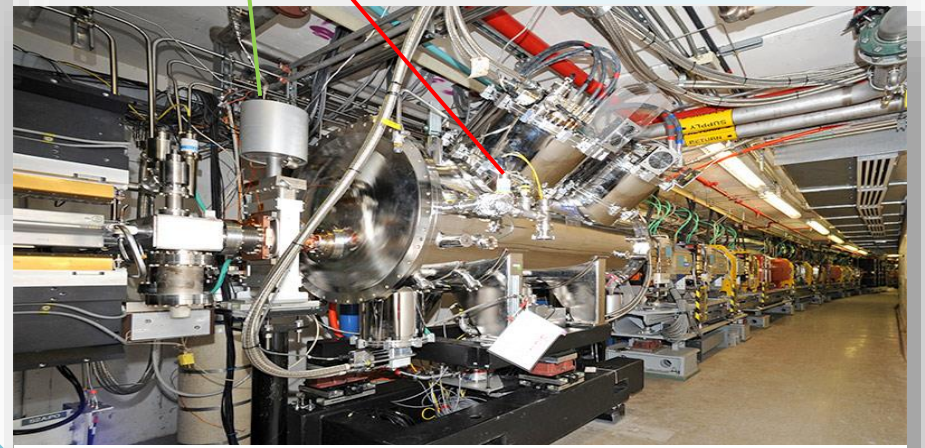
3 Une Architecture « CLIENT – SERVEUR » de C/C



Qu'est-ce qu'EPICS ?

3 Une Architecture « CLIENT – SERVEUR » de C/C

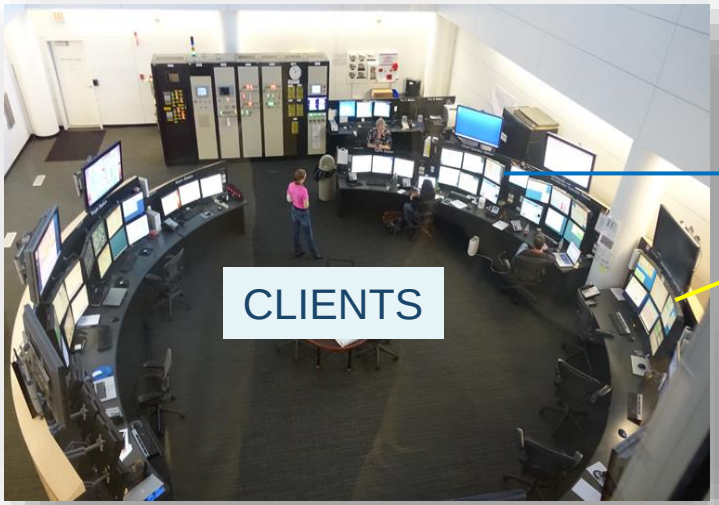


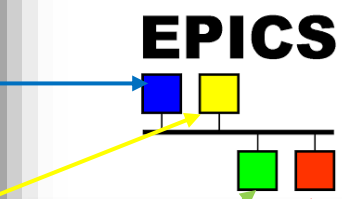


SOURCE d'ions … ACCELERATEUR … aux EXPERIENCES

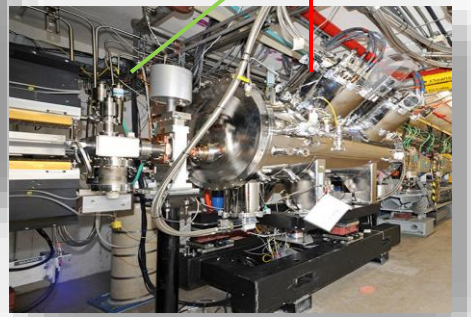
Qu'est-ce qu'EPICS ?

3 Une Architecture « CLIENT – SERVEUR » de C/C





SERVEURS



IOC (***I**nput **O**utput **C**ontroller*)

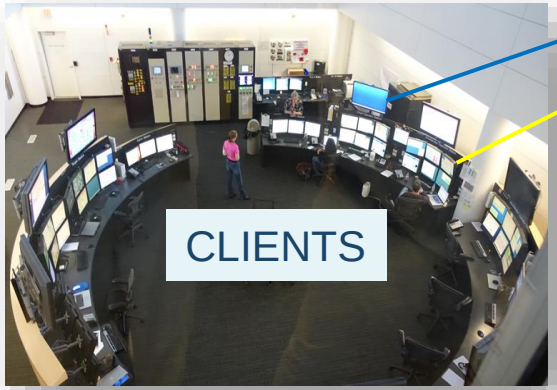
- Communiquent avec le « monde réel »
- Génèrent des **PV** (***P**rocess **V**ariable*)
- Partagent ces PV sur le réseau
- *HW* : PC (**Linux**, Windows), RaspberryPi, …

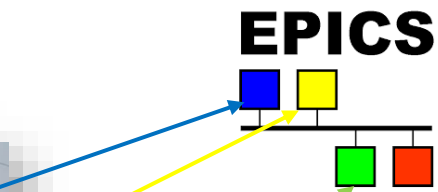
Qu'est-ce qu'EPICS ?

3 Une Architecture « CLIENT – SERVEUR » de C/C

OPI (***OP****erating* ***I****nterface)*

- Applications CLIENTs
- Get / Put de **PV** (par leur NOM)
- ~~adresse IP, type de matériel …~~
- *HW* : PC (**Linux**, Windows), RaspberryPi …





SERVEURS

IOC (***I****nput* ***O****utput* ***C****ontroller)*

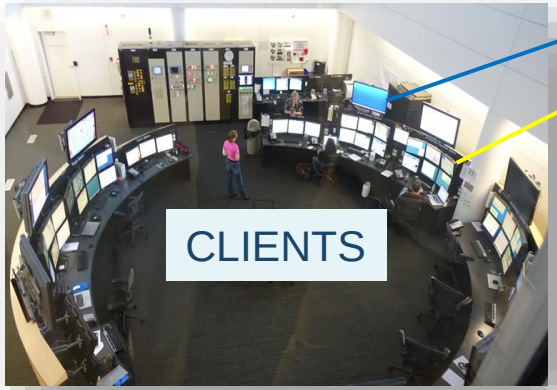
- Communiquent avec le « monde réel »
- Génèrent des **PV** (***P****rocess* ***V****ariable)*
- Partagent ces PV sur le réseau
- *HW* : PC (**Linux**, Windows), RaspberryPi, …

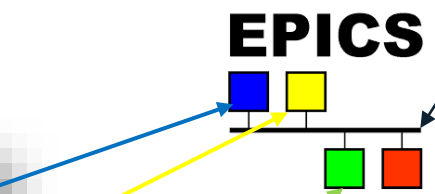
Qu'est-ce qu'EPICS ?

3 Une Architecture « CLIENT – SERVEUR » de C/C

OPI (*OPerating Interface*)

- Applications CLIENTs
- Get / Put de **PV** (par leur NOM)
- ~~adresse IP, type de matériel …~~
- *HW* : PC (**Linux**, Windows), RaspberryPi …





Réseau Ethernet

- Partage de (*milliers) de* **PV**
- Protocol : **CA C**hannel **A**ccess

SERVEURS

IOC (*Input Output Controller*)

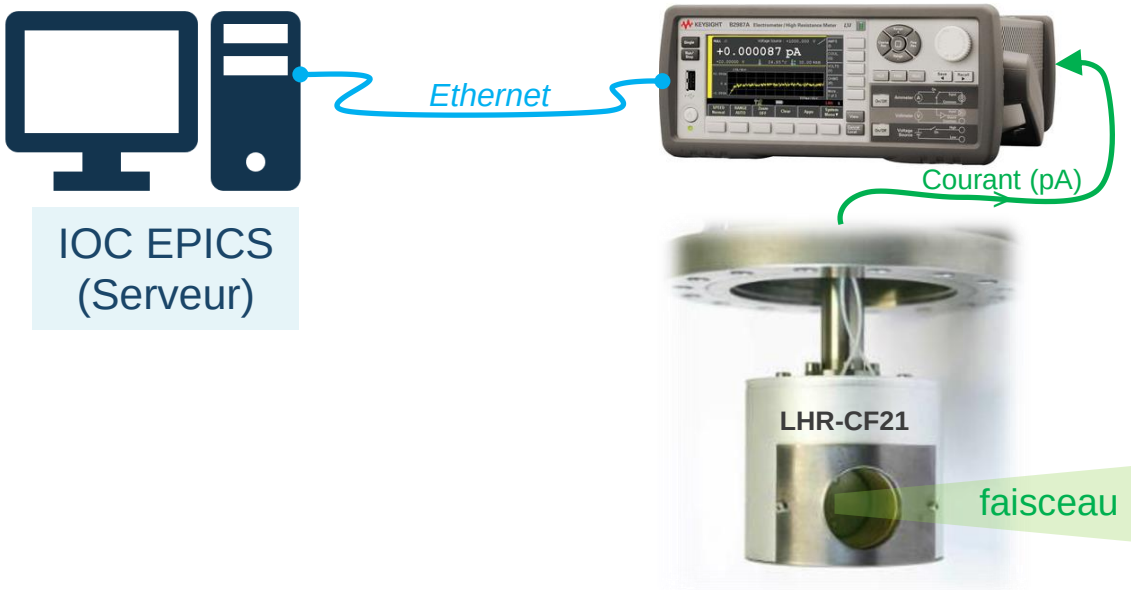
- Communiquent avec le « monde réel »
- Génèrent des **PV** (***P**rocess **V**ariable*)
- Partagent ces PV sur le réseau
- *HW* : PC (**Linux**, Windows), RaspberryPi, …

exemple concret

Mesure de l’intensité d’un faisceau par Faraday Cup (FC)

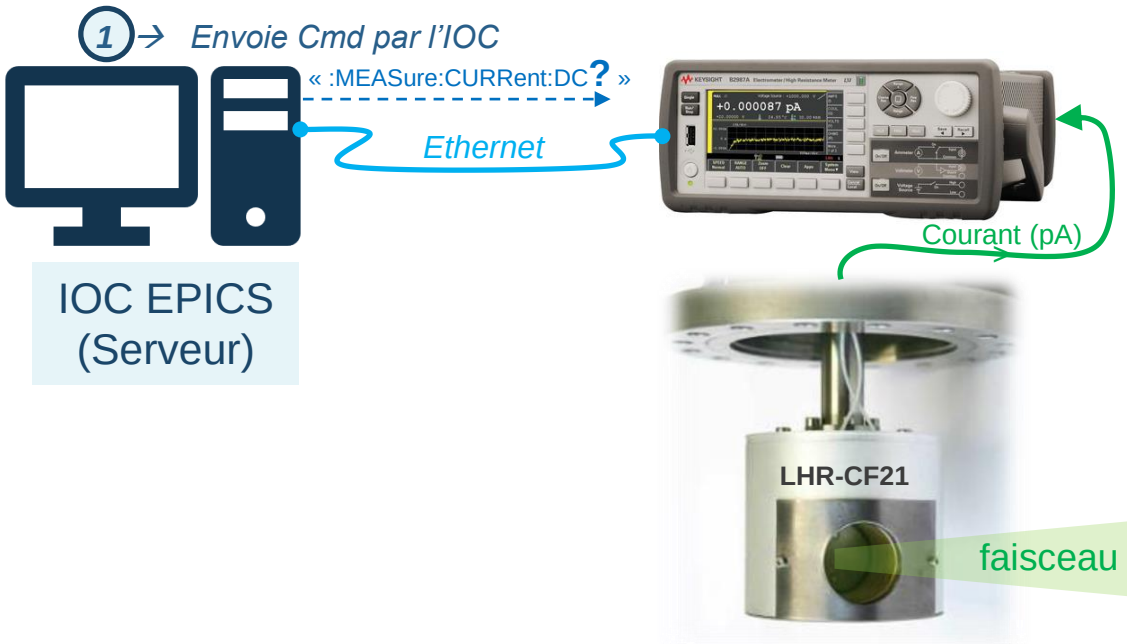
Principe d'un **IOC**

exemple : mesure d'intensité Faisceau



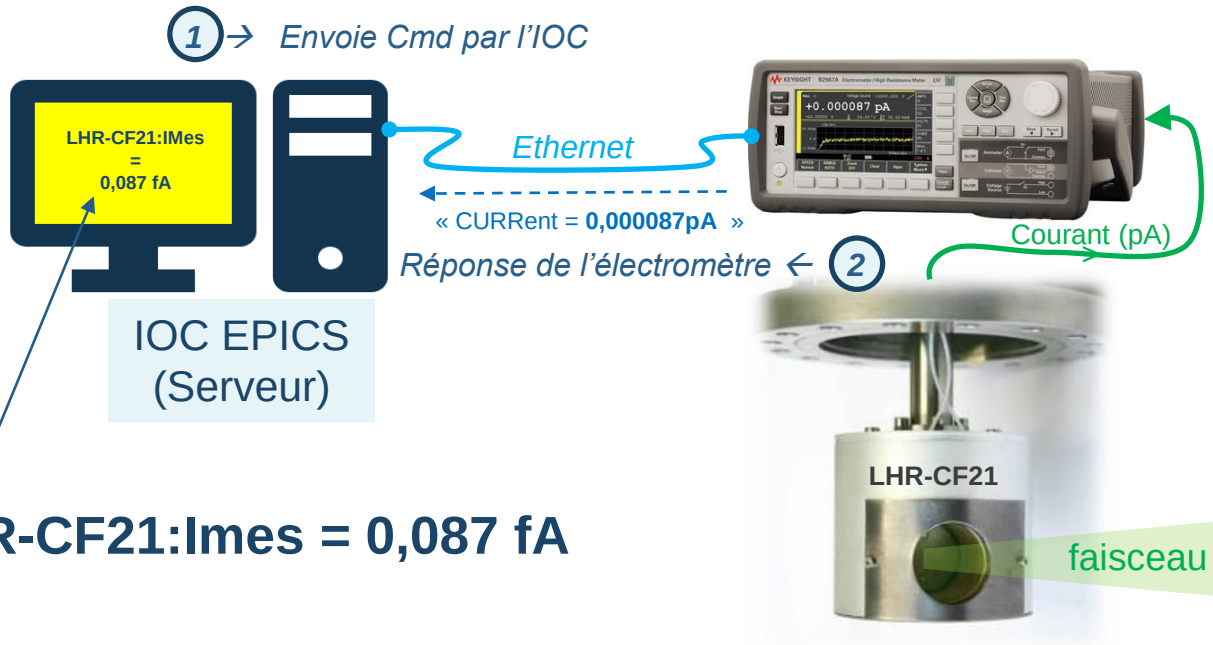
Principe d'un **IOC**

exemple : mesure d'intensité Faisceau



Principe d'un **IOC**

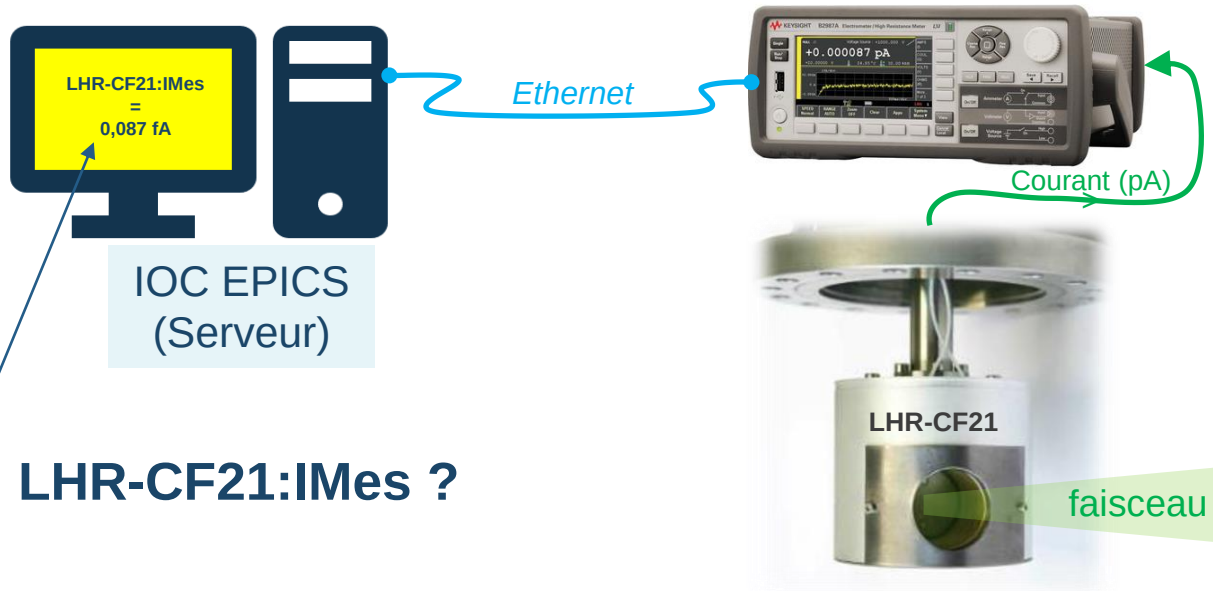
exemple : mesure d'intensité Faisceau



Process Variable : **LHR-CF21:Imes = 0,087 fA**

Principe d'un **IOC**

exemple : mesure d'intensité Faisceau



Process Variable : **LHR-CF21:IMes ?**

P*rocess* **V***ariable* : donnée « élémentaire » NOMINATIVE

Exemple de PV

LHR-CF21:IMes

Ligne **H**aute **R**ésolution — **C**oupelle **F***araday n°* **21** — *Courant* (**I**) **Mes***uré*

DISPOSITIF	-	*EQUIPEMENT*	:	*SIGNAL*
Source d'ions *Accélérateur* *Ligne de faisceau* *Expérience*		CF*araday* PR*ofileur* EMT*tancemètre* *FenteVerticale / FH* *Quadripôle Electrostatique* *Déflecteur Electrostatique* …		*Courant mesuré* *Consigne Courant* *Tension mesurée* *Consigne Tension* *Commande (ON, OFF, IN, OUT, RESET …)* *Ouverture Fente* *Vitesse* ….

Cette convention de nommage est propre à SPIRAL2

PV *: Process* **V***ariable*

- *Une **PV** à un ensemble d'attributs (Fields).*

LHR-CF21:IMes

  - **LHR-CF21:IMes.VAL** = 0,0125 *: Attribut par défaut :* **VALEUR** *de la variable*

« *caget* LHR-CF21:**Imes** » **=** « *caget* LHR-CF21:**IMes.VAL** »

- *Exemples d'attributs possibles d'une PV :*

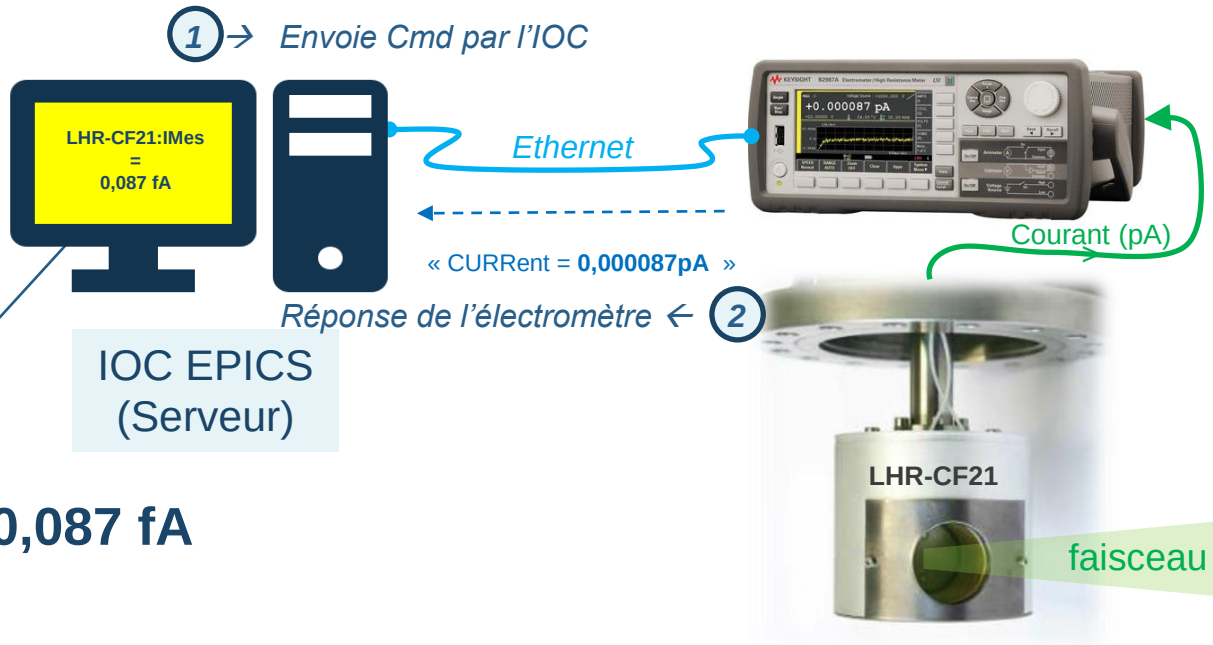
  - **ALARMES** *:*
    - **LHR-CF21:IMes**.HIGH = 100 *: High Alarm*
    - **LHR-CF21:IMes**.HSV = MINOR : *Severity of High Alarm (MINOR ou MAJOR)*

  - *Engineering* **UNIT** *Designation (e. g. degrees, mm, MW)*

    - **LHR-CF21:IMes.EGU** = nA

Principe d'un **IOC**

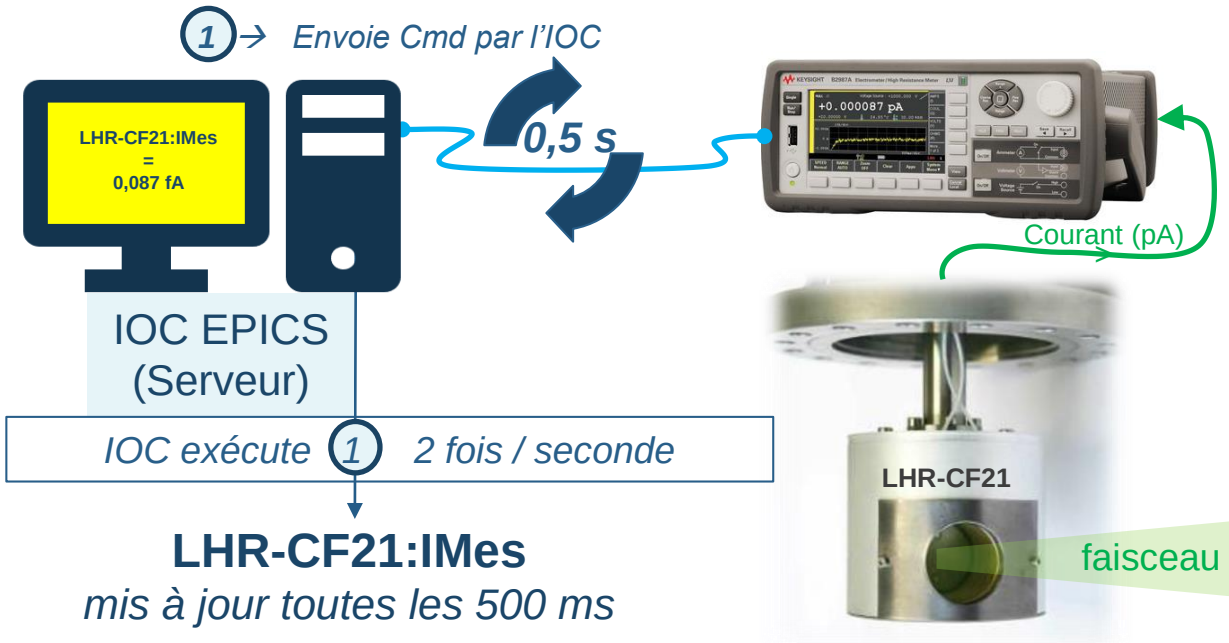
exemple : mesure d'intensité Faisceau



LHR-CF21:IMes = 0,087 fA

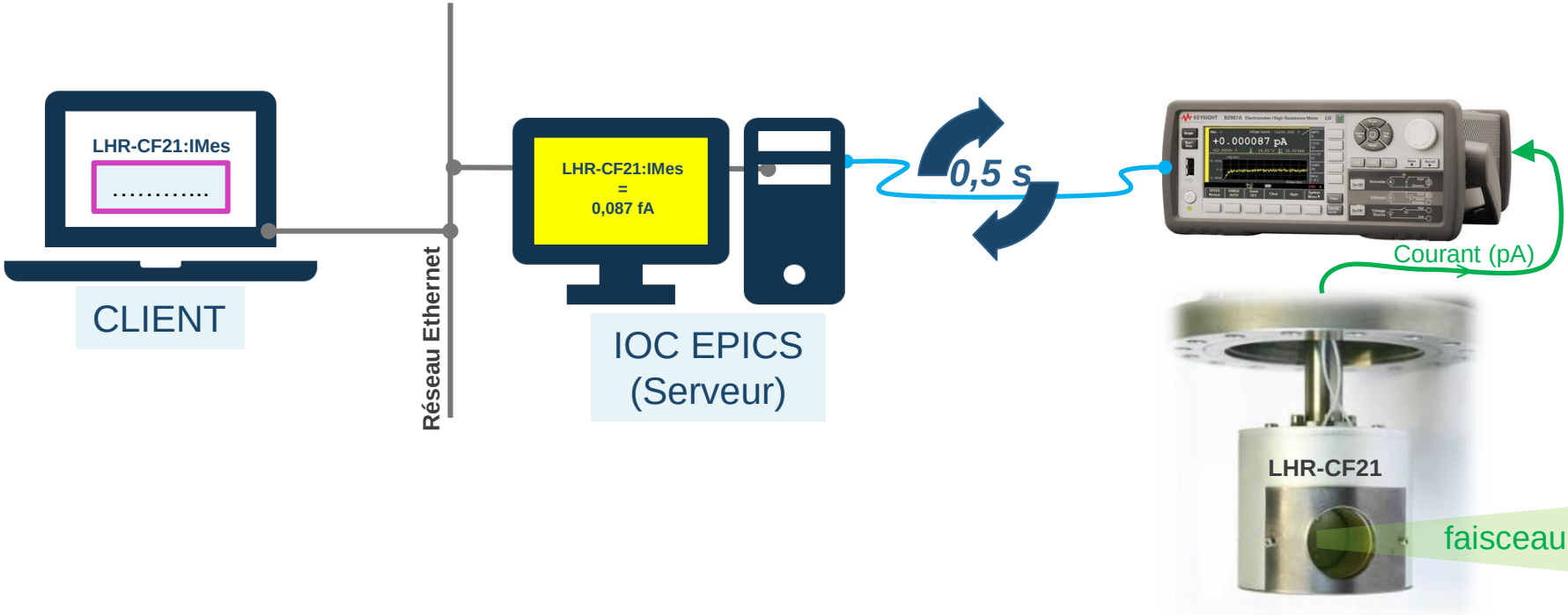
Principe d'un **IOC**

exemple : mesure d'intensité Faisceau



Principe d'une **OPI**

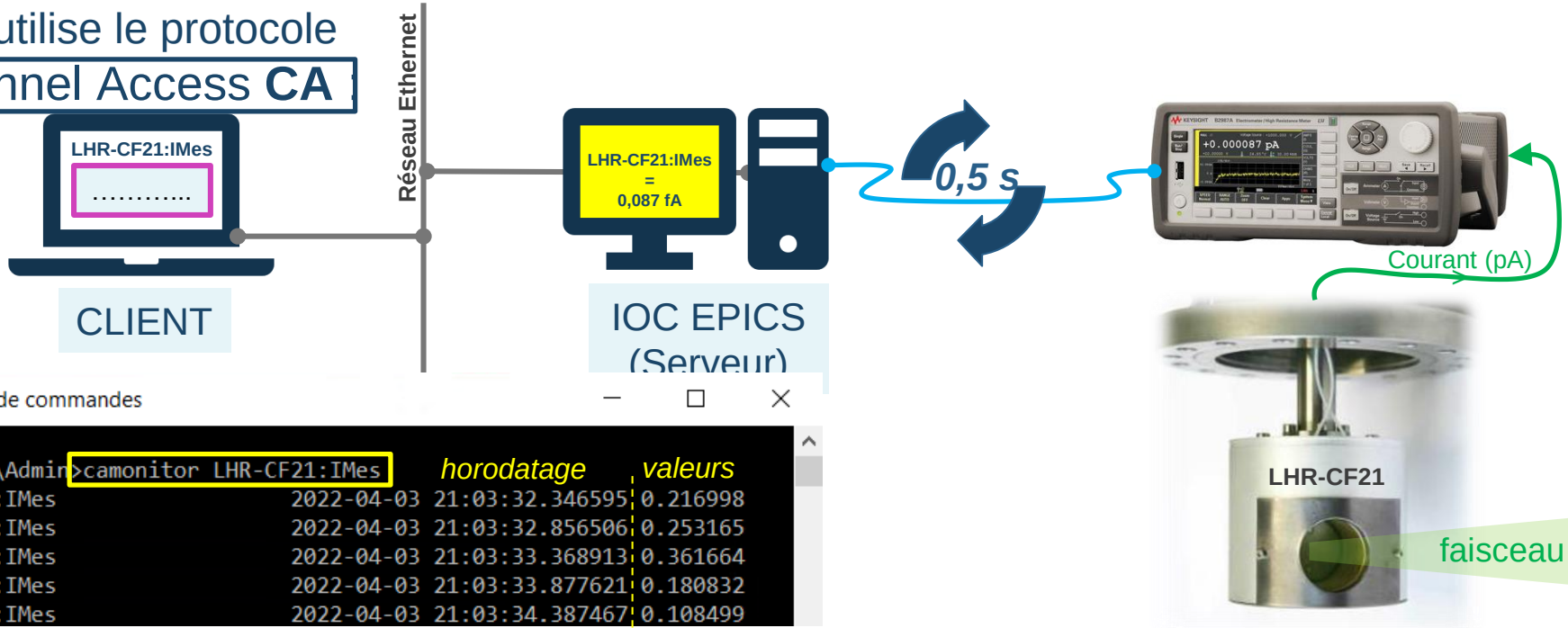
un Client EPICS se connecte au réseau
et veut obtenir la valeur de la PV **"LHR-CF21:Imes"**…



Principe d'une **OPI**

un Client EPICS se connecte au réseau
et veut obtenir la valeur de la **PV "LHR-CF21:Imes"**…

→ Il utilise le protocole
Channel Access **CA**

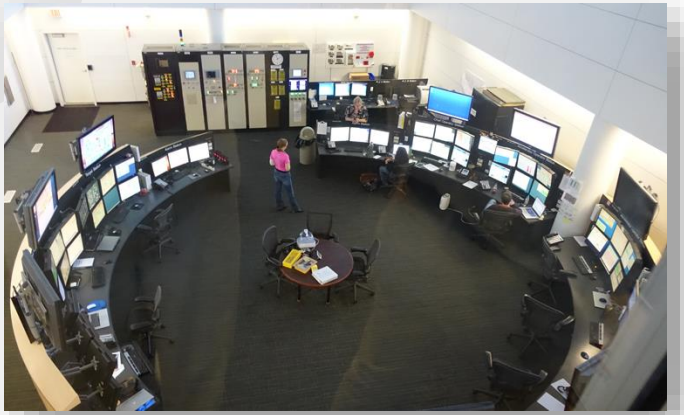


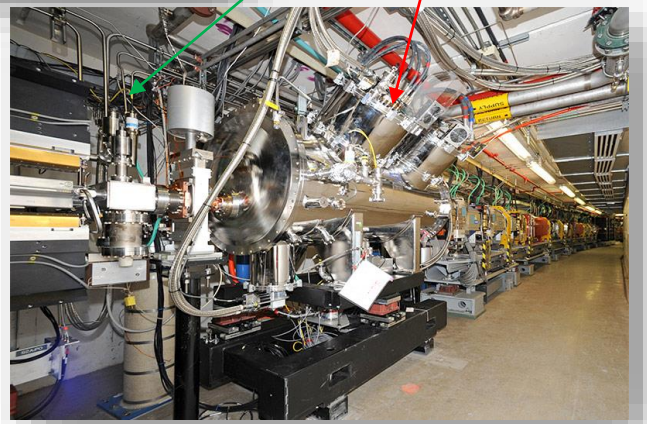
Invite de commandes

```
C:\Users\Admin>camonitor LHR-CF21:IMes     horodatage                valeurs
LHR-CF21:IMes                  2022-04-03 21:03:32.346595 0.216998
LHR-CF21:IMes                  2022-04-03 21:03:32.856506 0.253165
LHR-CF21:IMes                  2022-04-03 21:03:33.368913 0.361664
LHR-CF21:IMes                  2022-04-03 21:03:33.877621 0.180832
LHR-CF21:IMes                  2022-04-03 21:03:34.387467 0.108499
```

Protocole **CA** Channel **A**ccess

→ *Pour échanger des PV sur Ethernet*





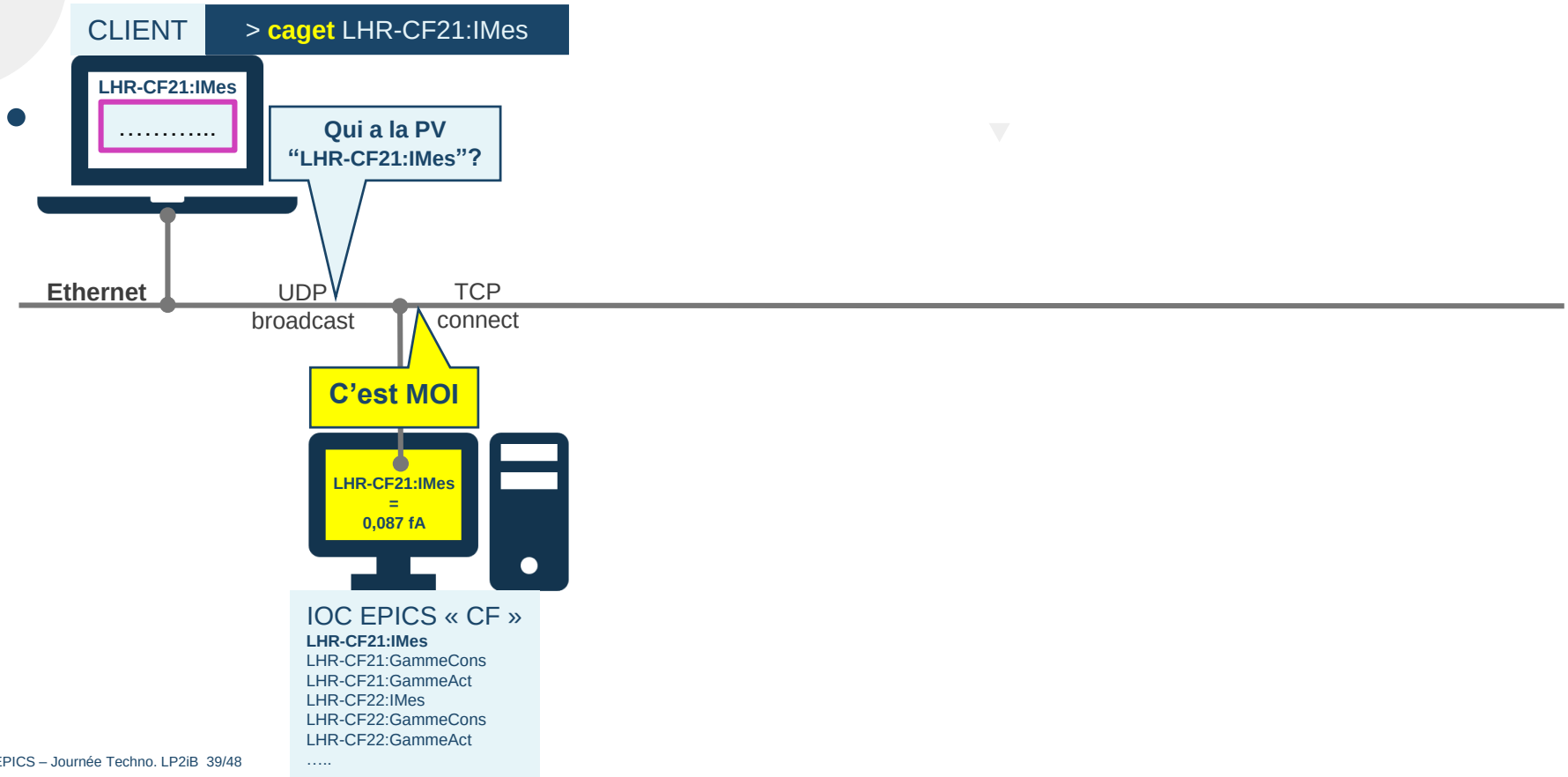
- Process Variables (PV) de tout type :
  - ✓ *Chars*
  - ✓ *Entiers*
  - ✓ *Réels*
  - ✓ *Tableau (Waveform)*
- Hautes performances
  - Millions de PV partagés sur LAN
- Outils basiques « client »
  1. > ***caget*** *« Nom_PV »*
  2. > ***caput*** *« Nom_PV »*
  3. > ***camonitor*** *« Nom_PV »*
- ***Clients possibles*** *:*
  - ✓ ***Terminal*** *Linux, Windows …*
  - ✓ *Prog. C, Java,* ***Python***, ***Labview*** *…*
- OS et EPICS Version indépendant
- Détails UDP / TCP-IP cachés

Principe de **CA**

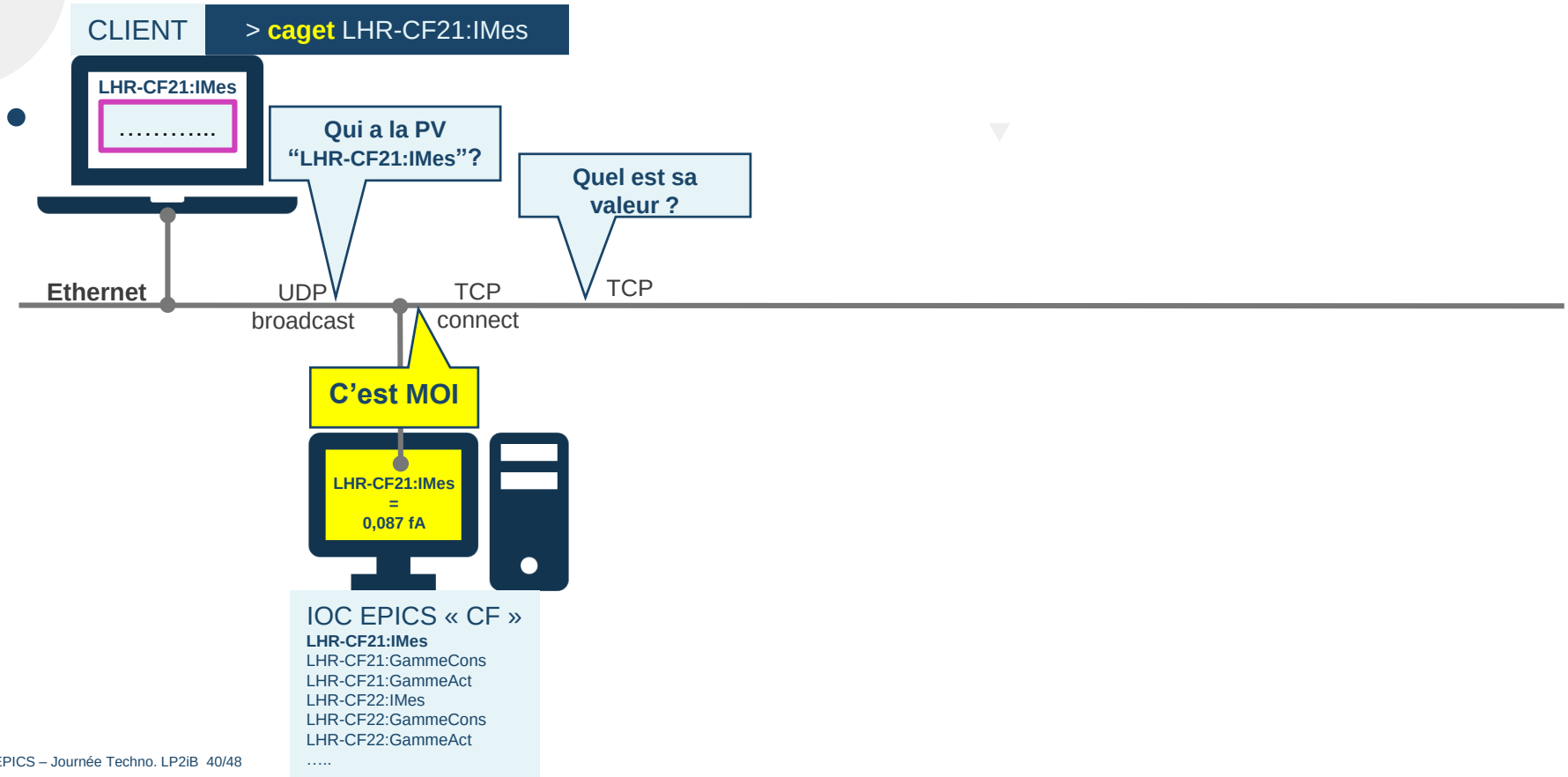
CLIENT > **caget** LHR-CF21:IMes

Principe de **CA**

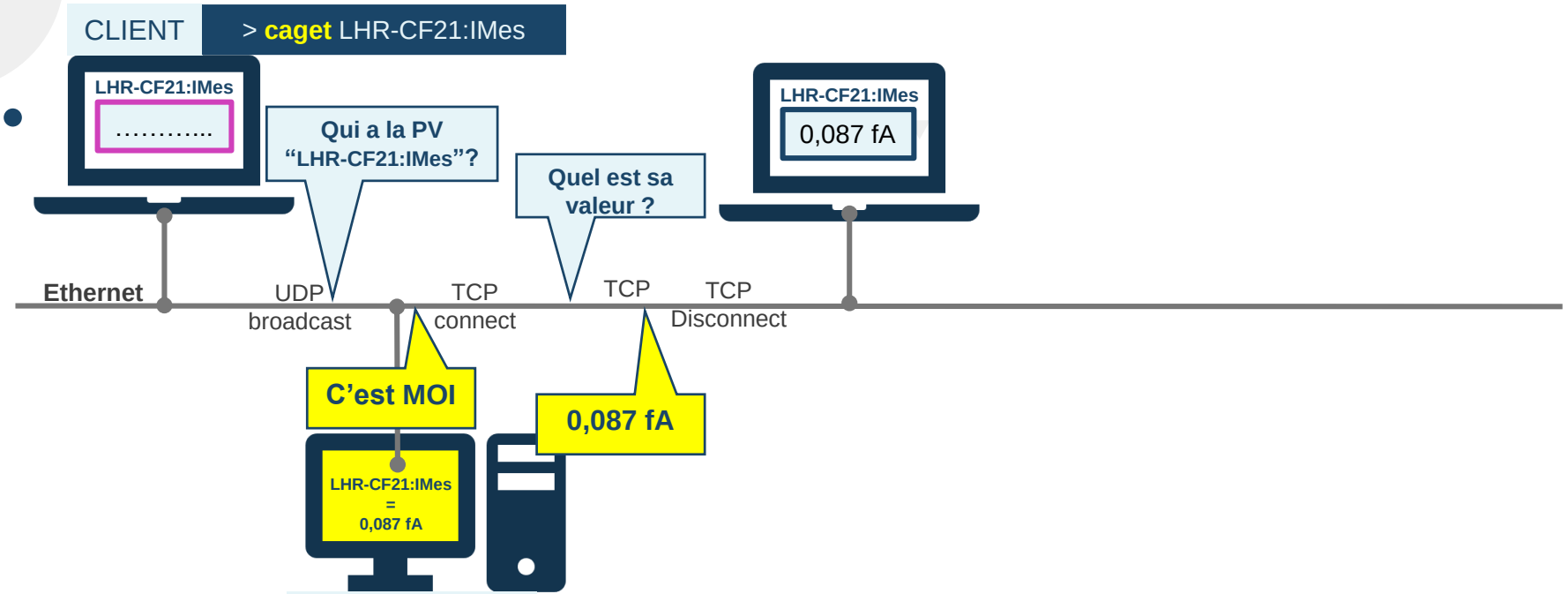
Principe de **CA**



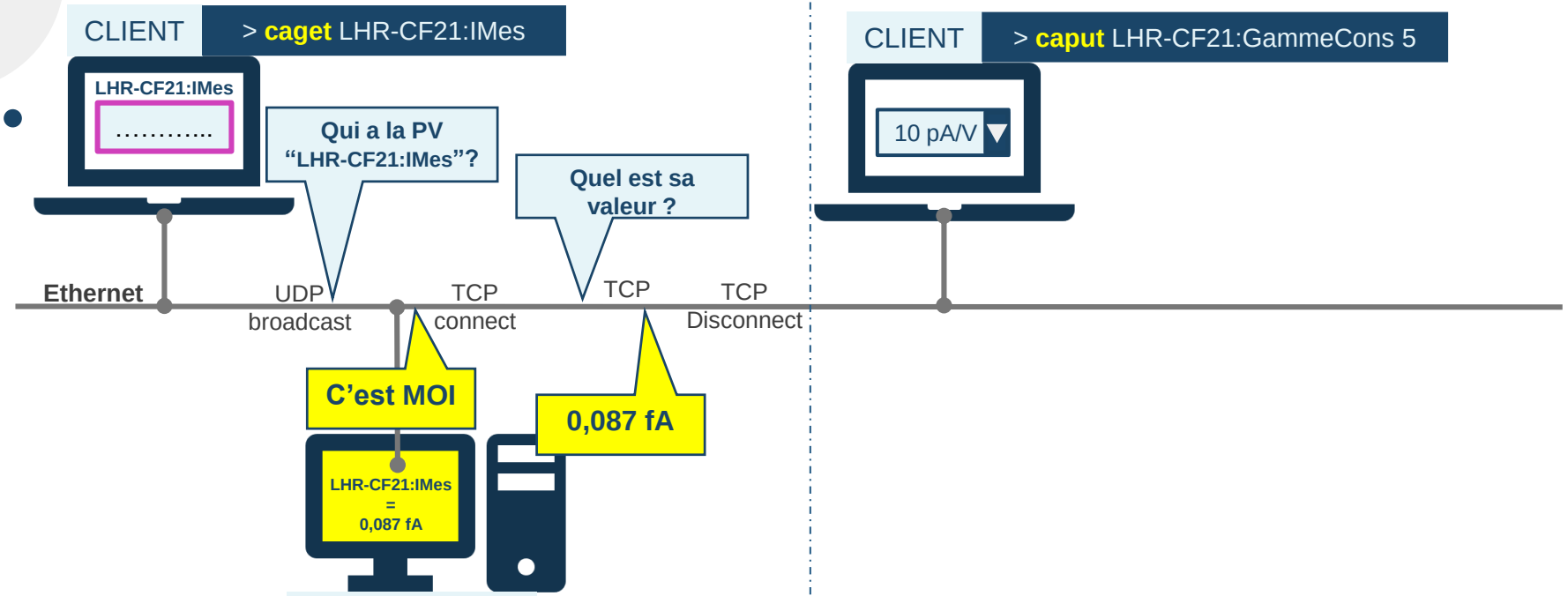
Principe de **CA**



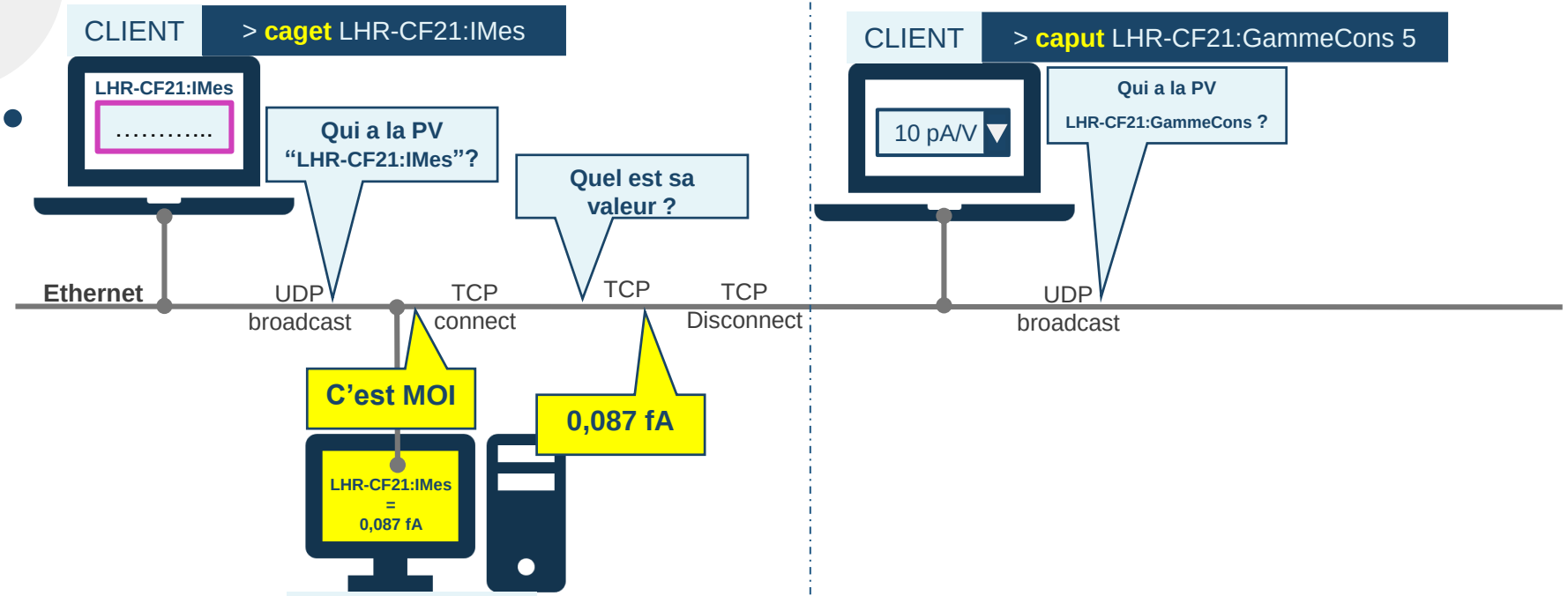
Principe de **CA**



Principe de **CA**



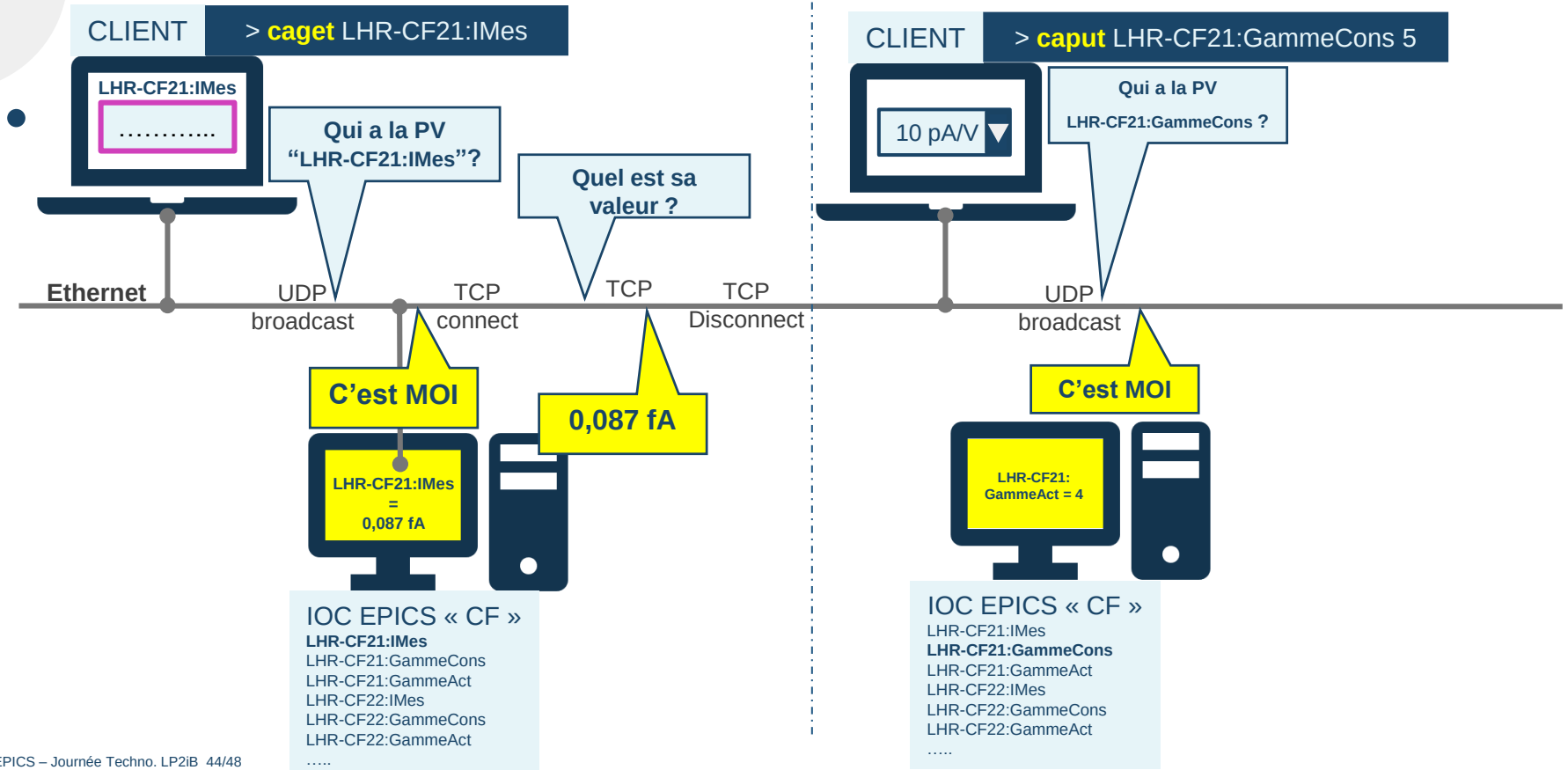
Principe de **CA**



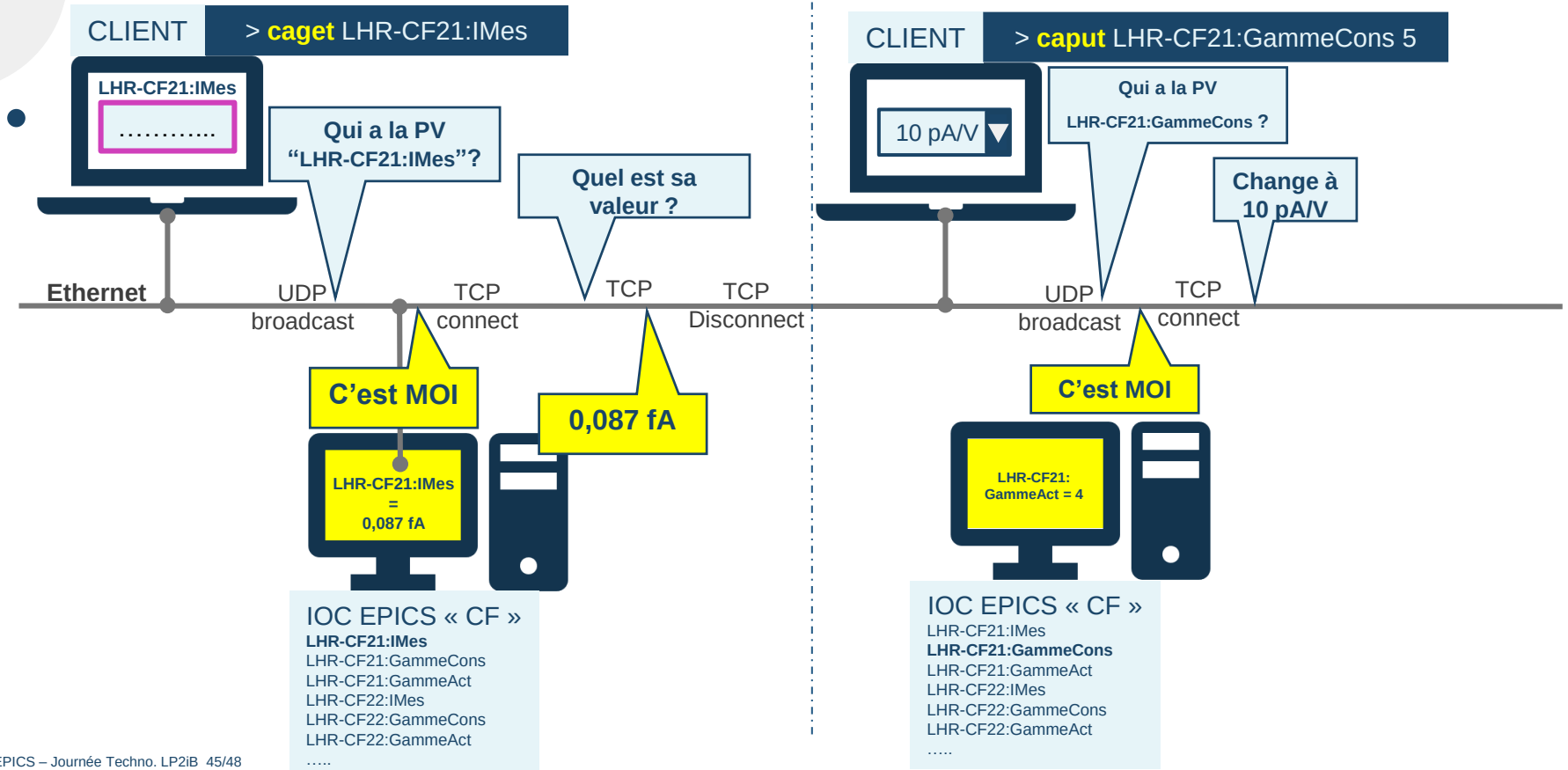
IOC EPICS « CF »

LHR-CF21:IMes
LHR-CF21:GammeCons
LHR-CF21:GammeAct
LHR-CF22:IMes
LHR-CF22:GammeCons
LHR-CF22:GammeAct
…..

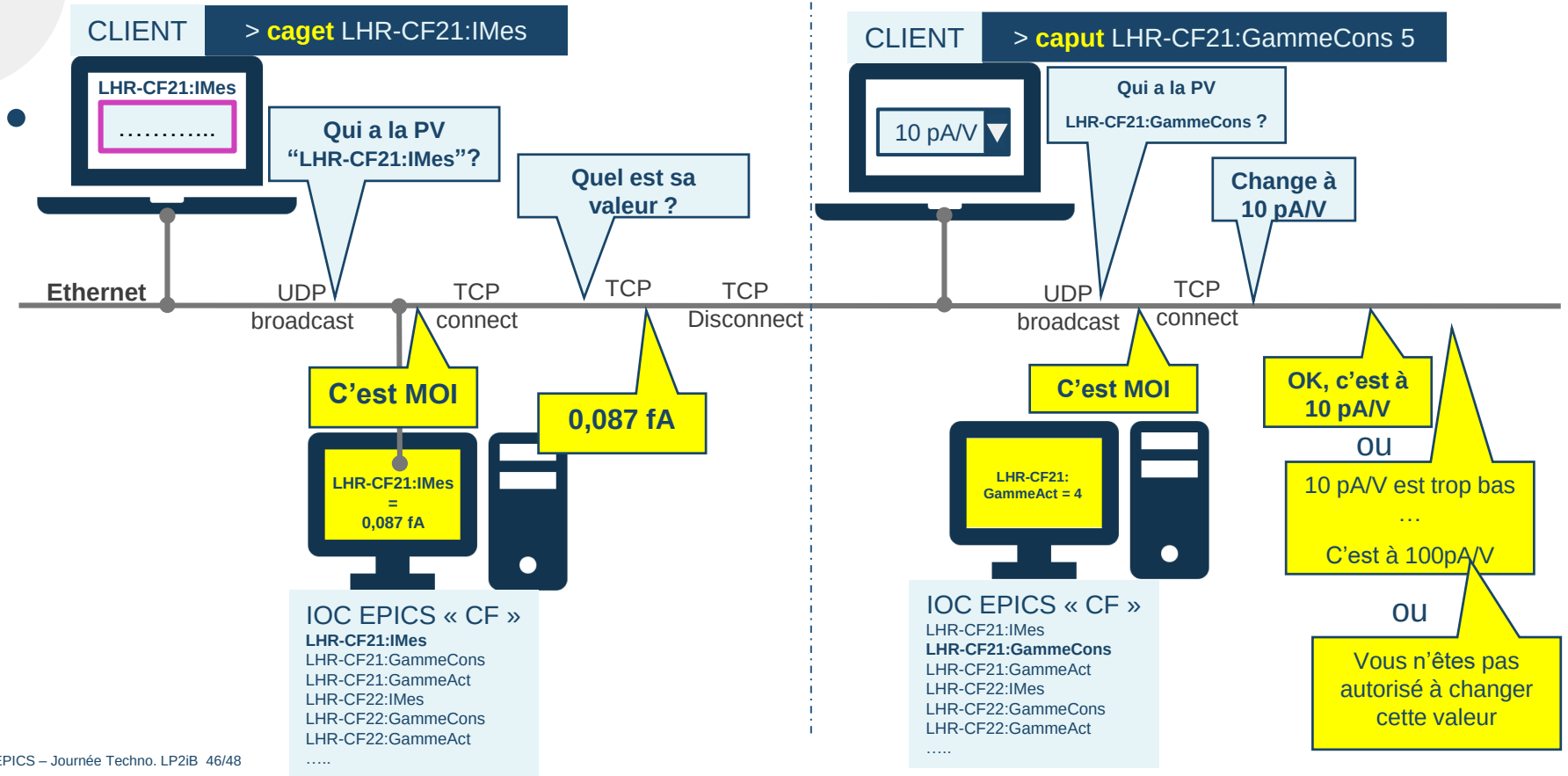
Principe de **CA**



Principe de **CA**

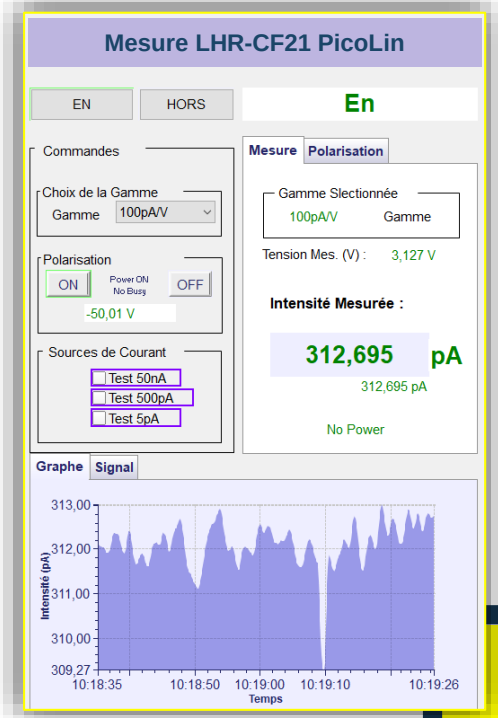


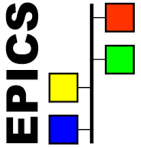
Principe de **CA**



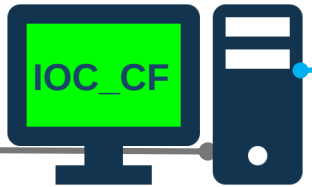
C/C EPICS

Application : mesure d'intensité Faisceau





Réseau Ethernet



Serveur

IOC EPICS « CF »

LHR-CF21:IMes
LHR-CF21:GammeCons
LHR-CF21:GammeAct
LHR-CF22:IMes
LHR-CF22:GammeCons
LHR-CF22:GammeAct
LHR-CF41:IMes
LHR-CF41:GammeCons
LHR-CF41:GammeAct
.....

Courant (pA)

OPI EPICS (Client)

C/C EPICS

Multiples CLIENTs possibles simultanément

Mon Application
Python / Java /
C / LabVIEW …

caget / caput / camonitor

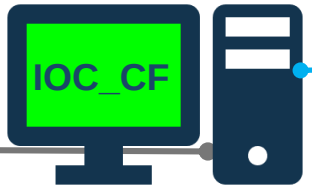
EPICS

Réseau Ethernet

Archivage

WEB Monitoring

OPI EPICS



Serveur

IOC EPICS « CF »

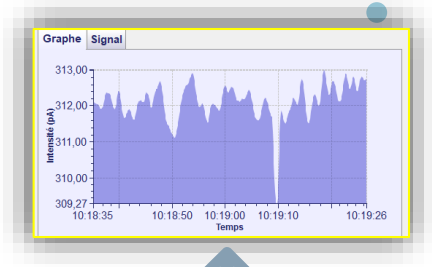
LHR-CF21:IMes
LHR-CF21:GammeCons
LHR-CF21:GammeAct
LHR-CF22:IMes
LHR-CF22:GammeCons
LHR-CF22:GammeAct
LHR-CF41:IMes
LHR-CF41:GammeCons
LHR-CF41:GammeAct
…..

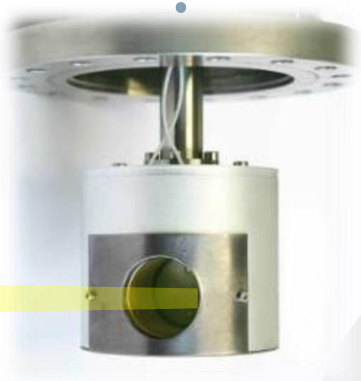
Courant (pA)

faisceau

Merci !

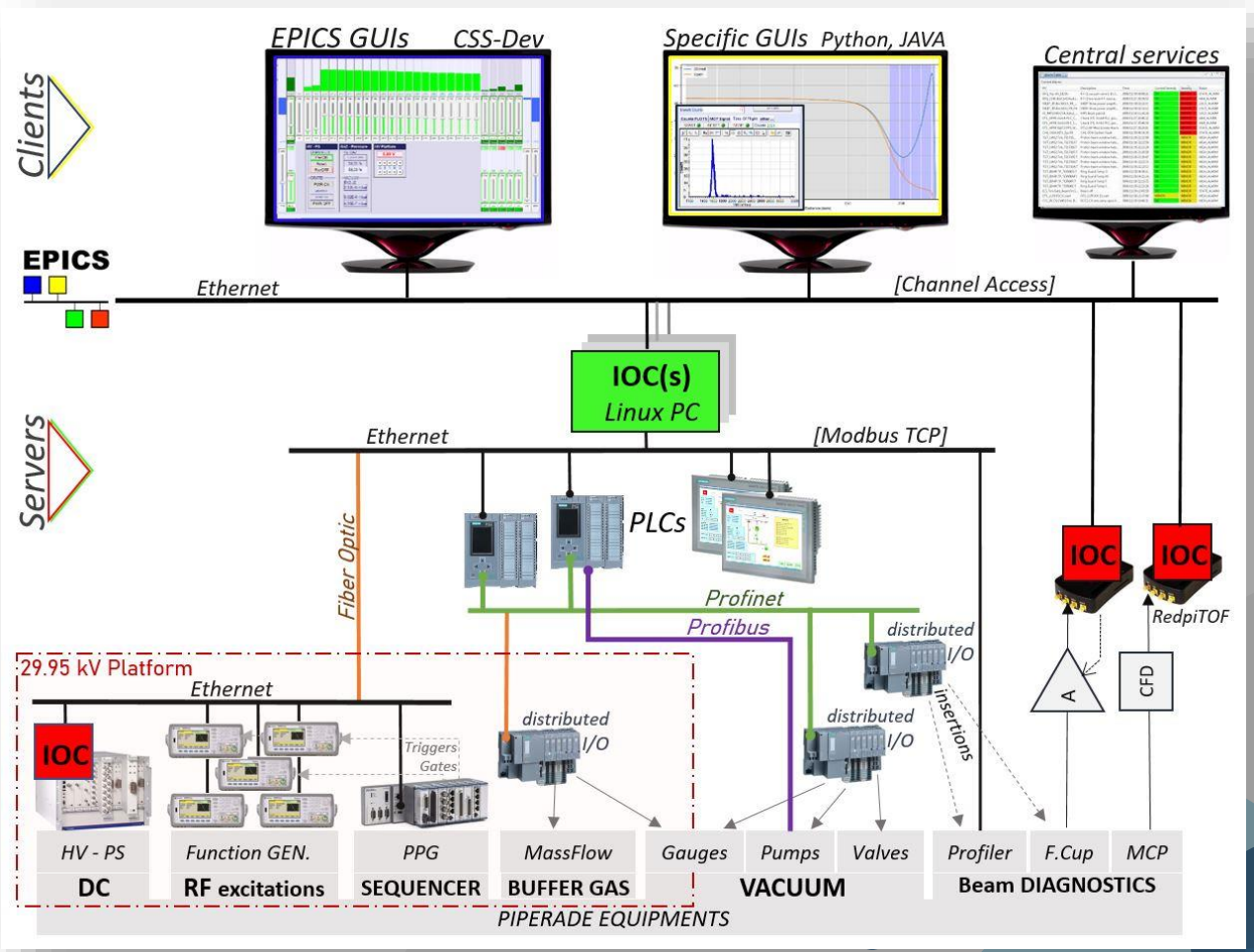
Des questions ?





Laurent D. - Benoit L. *- Jean J. – Rémi F.*
Audric H. - Mathieu F. - Dinko A.

Architecture C/C PIPERADE



IOC Database & Records : Définition des PV

Database d'un IOC : ensemble de Records

Rien à voir ~~*avec une Base de donnée relationnelle de type SQL …*~~

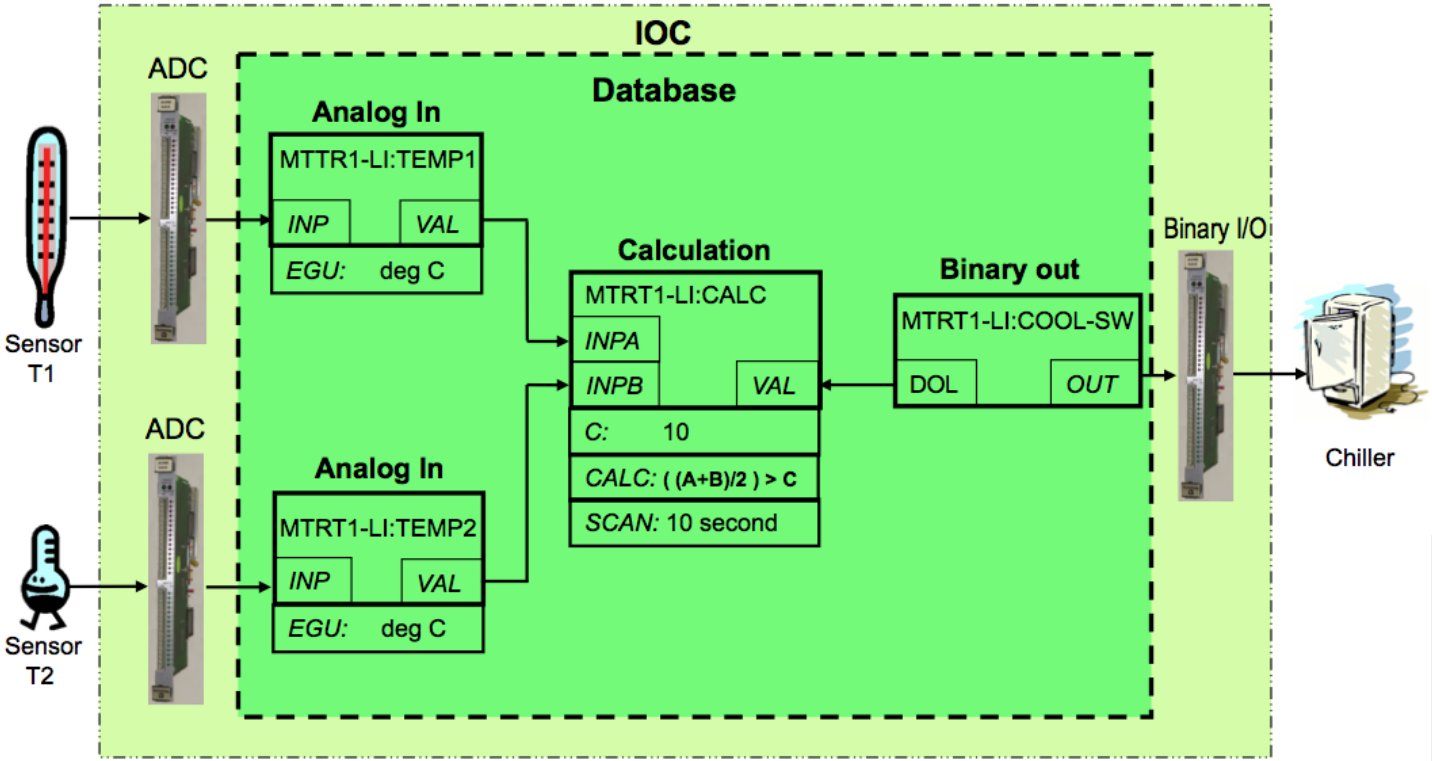
- *C'est le Cœur de chaque IOC :*
  - *Définie l'ensemble des Records que l'IOC va produire / gérer … ensemble de PV(s) de l'IOC*
  - *Chaque Record est d'un TYPE défini (ai, ao, calc, bi, bo, …)*
  - *Métadonnées (propriétés / **Fields**) définies dans chaque Record (certaines dépendent du TYPE)*

Exemple :

```
record(ao, "PRAD-CF03-HT:VCons")        # type = « Analog Output », nom = "PRAD-CF03-HT:VCons"
{
  field(DESC, "Consigne Polar HT")      # description
  field(SCAN, "1 second")               # record update rate : Exécution périodique toutes les secondes
  field(DTYP, "ALIM_HT_ISEG")                   # Device type : « Driver » d'une Alimentation HT ISEG
  field(OUT, "#C1 S4")                          # output channel
  field(PREC, "1")                              # display precision
  field(EGU, "V")                               # engineering units
  field(HOPR, "100")                            # highest value on GUI
  field(LOPR, "0")                              # lowest value on GUI
  field(HIGH, "95")                             # High alarm limit
  field(HSV, "MINOR")                           #Severity of "high" alarm
}
```

Attributs / Propriétés utilisés par les Clients (OPI) : PRAD-CF03-HT:Vcons.EGU = « V »

Exemple d'IOC : Groupe Froid



Extrait de : https://docs.epics-controls.org/en/latest/guides/EPICS_Intro.html