

# Plateforme d'expérimentation IoT, appliquée aux sciences de l'environnement

*L'expérimentation autour des réseaux de capteurs*



*La conception se termine dans l'usage !*

# Sommaire

---

Présentation IRCICA (SigmaCOM & PIRVI)  
Cas d'usage - qualité de l'environnement  
Nos projets en cours  
Des challenges à la plateforme  
Conclusion et perspectives

# Sommaire

---

Présentation IRCICA (SigmaCOM & PIRVI)  
Cas d'usage - qualité de l'environnement  
Nos projets en cours  
Des challenges à la plateforme  
Conclusion et perspectives

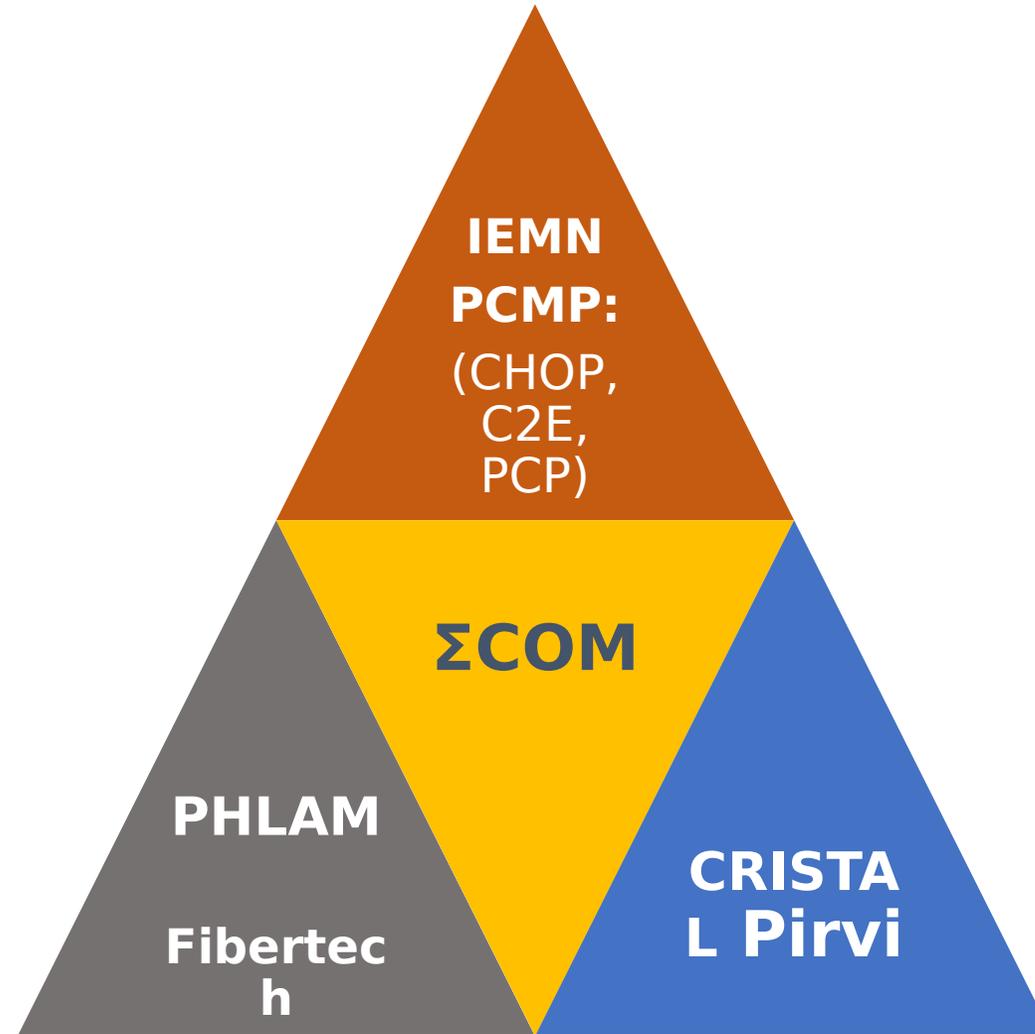
# IRCICA

- ◆ Depuis 2007, le pôle SigmaCOM de l'IEMN est localisée à l'IRCICA
- ◆ Objectif: projets pluridisciplinaires collaboratifs entre différentes équipes de recherche de l'IEMN, CRISStAL, PhLAM, L2EP

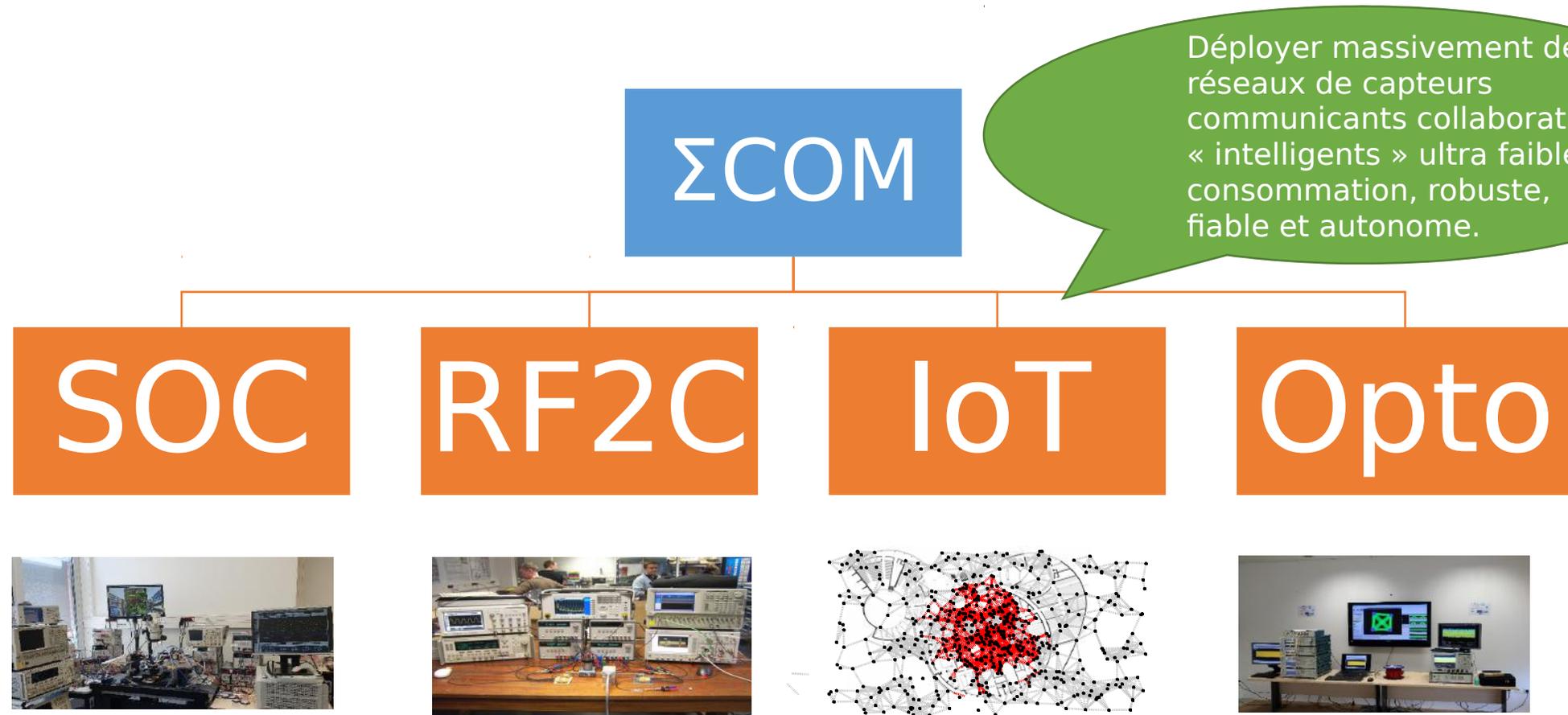


Institut de  
Recherche sur les  
Composants  
logiciels et  
matériels pour  
l'Information et la  
Communication  
Avancée

# Positionnement écosystème du pôle SigmaC

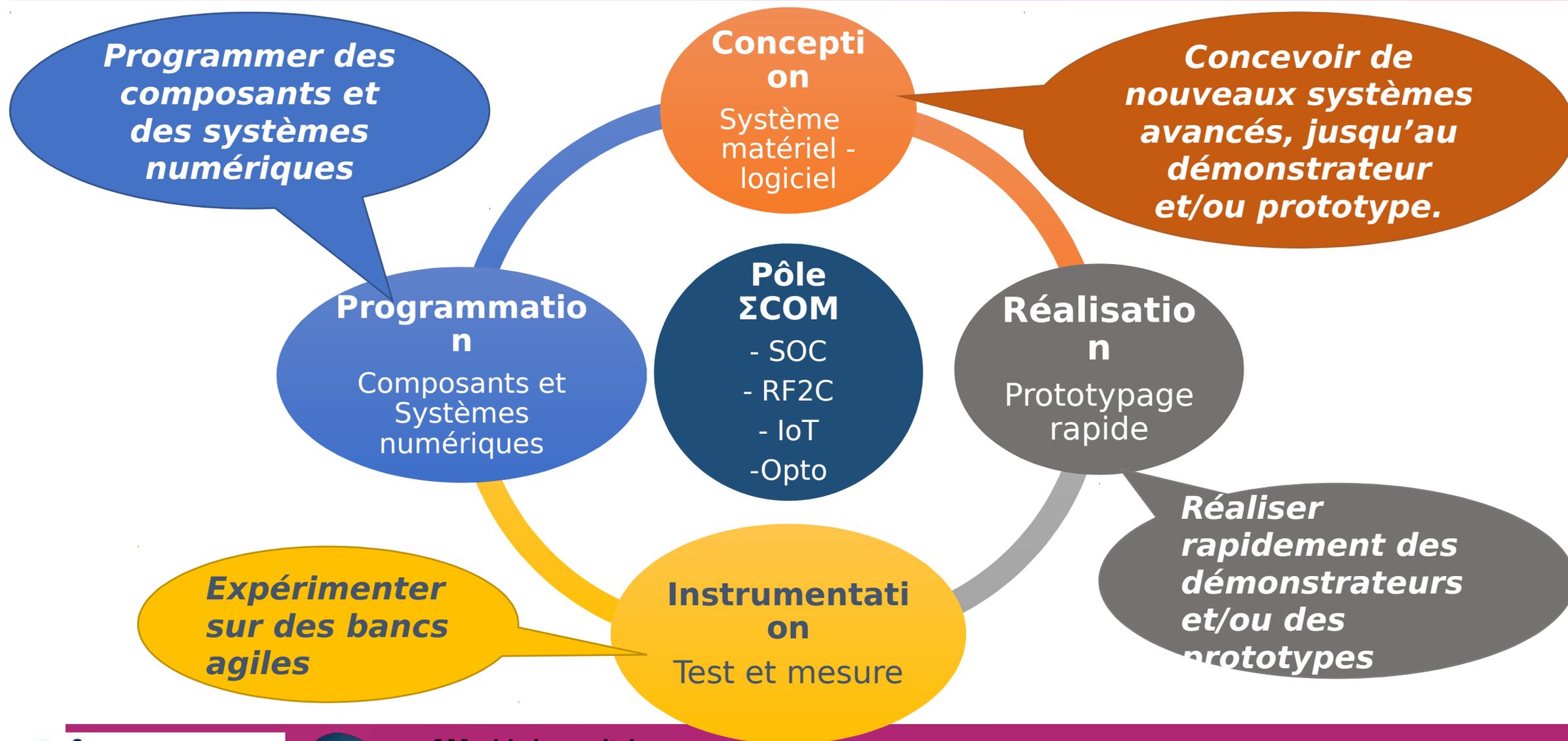


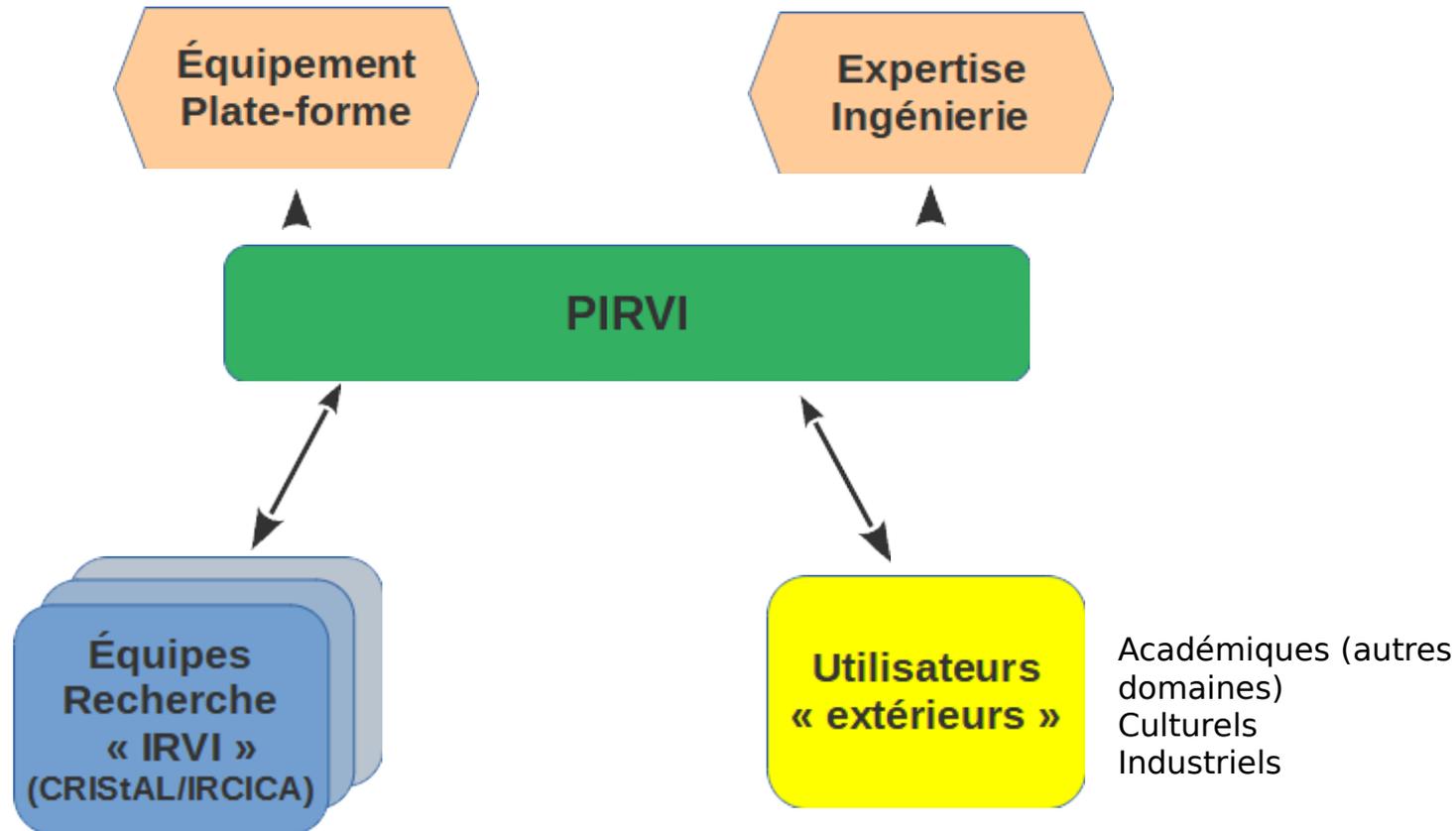
# Structuration scientifique du pôle SigmaCOM



Déployer massivement des réseaux de capteurs communicants collaboratifs « intelligents » ultra faible consommation, robuste, fiable et autonome.

# Organigramme Structurel du pôle SigmaCO





## Mise à disposition de compétences

- Gestion/soutien plate-formes RV
- Expertise scientifique et techno
- Accompagnement R&D
- Gestion/dév. de projets logiciels

- Aide à la définition de projet
- Maquettage
- Prototype pré-transfert industriel
- Soutien valorisation, déploiement

<https://pirvi.univ-lille.fr/>

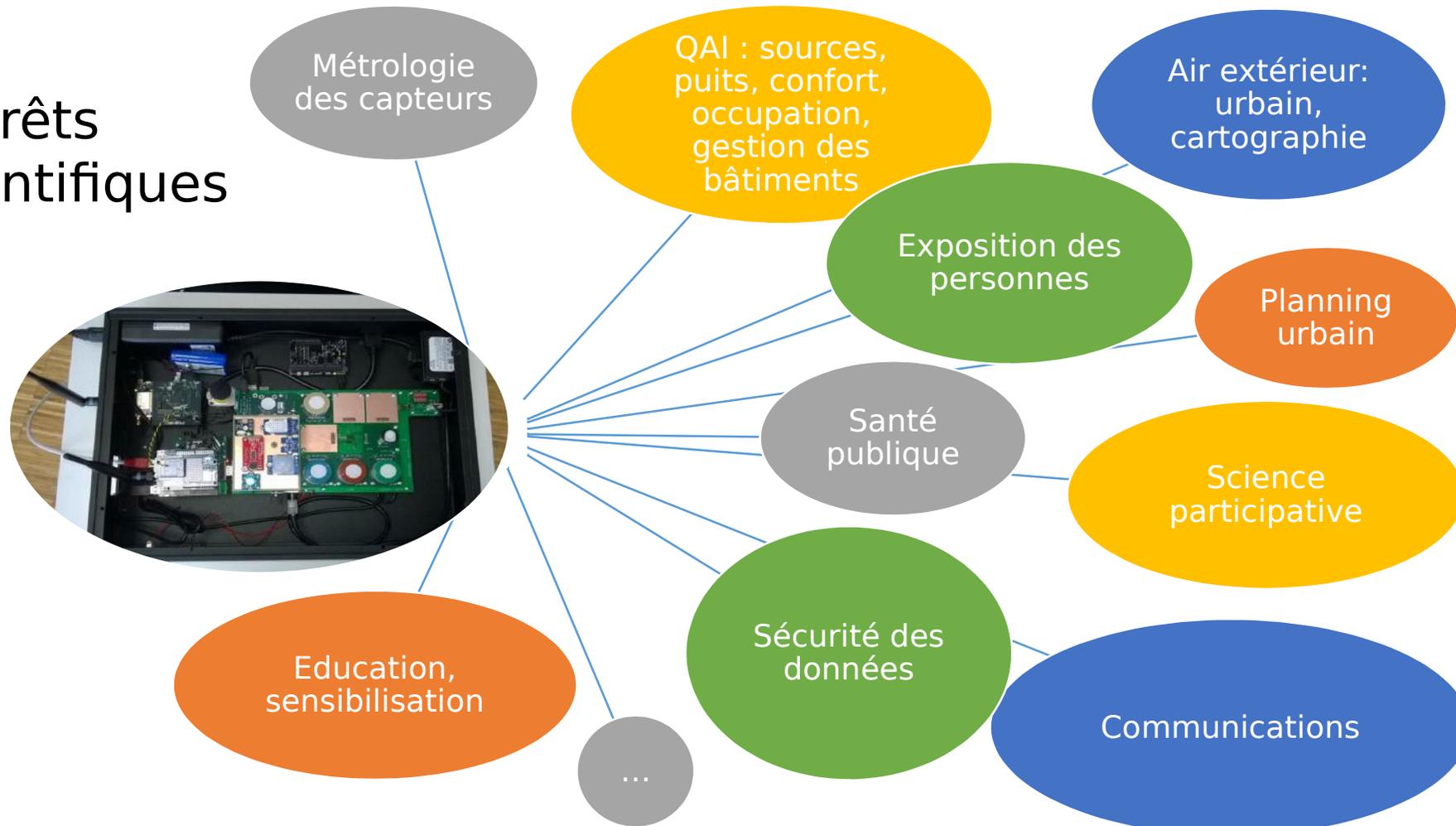
# Sommaire

---

Présentation IRCICA (SigmaCOM & PIRVI)  
Cas d'usage - qualité de l'environnement  
Nos projets en cours  
Des challenges à la plateforme  
Conclusion et perspectives

# Cas d'usage: conception d'un réseau de capteurs pour la qualité de l'environnement

## Intérêts scientifiques

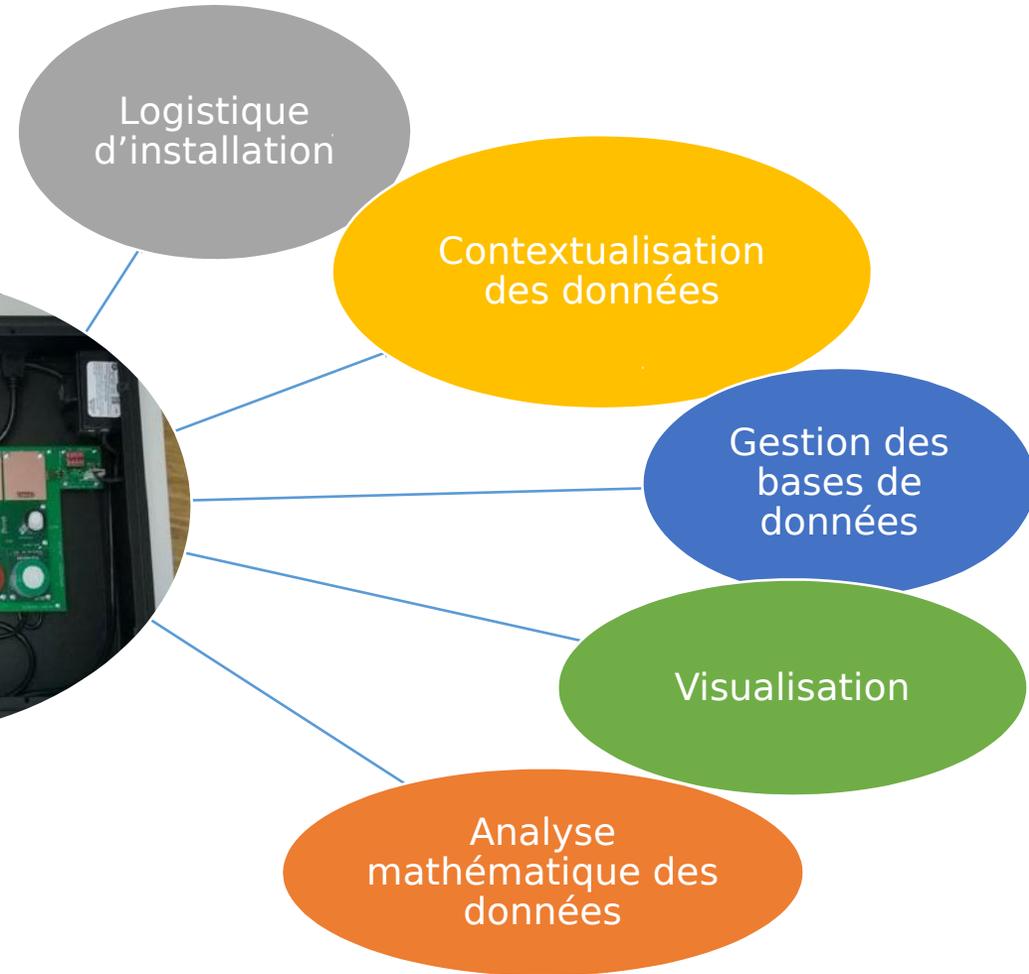


# Déployer un réseau de capteurs

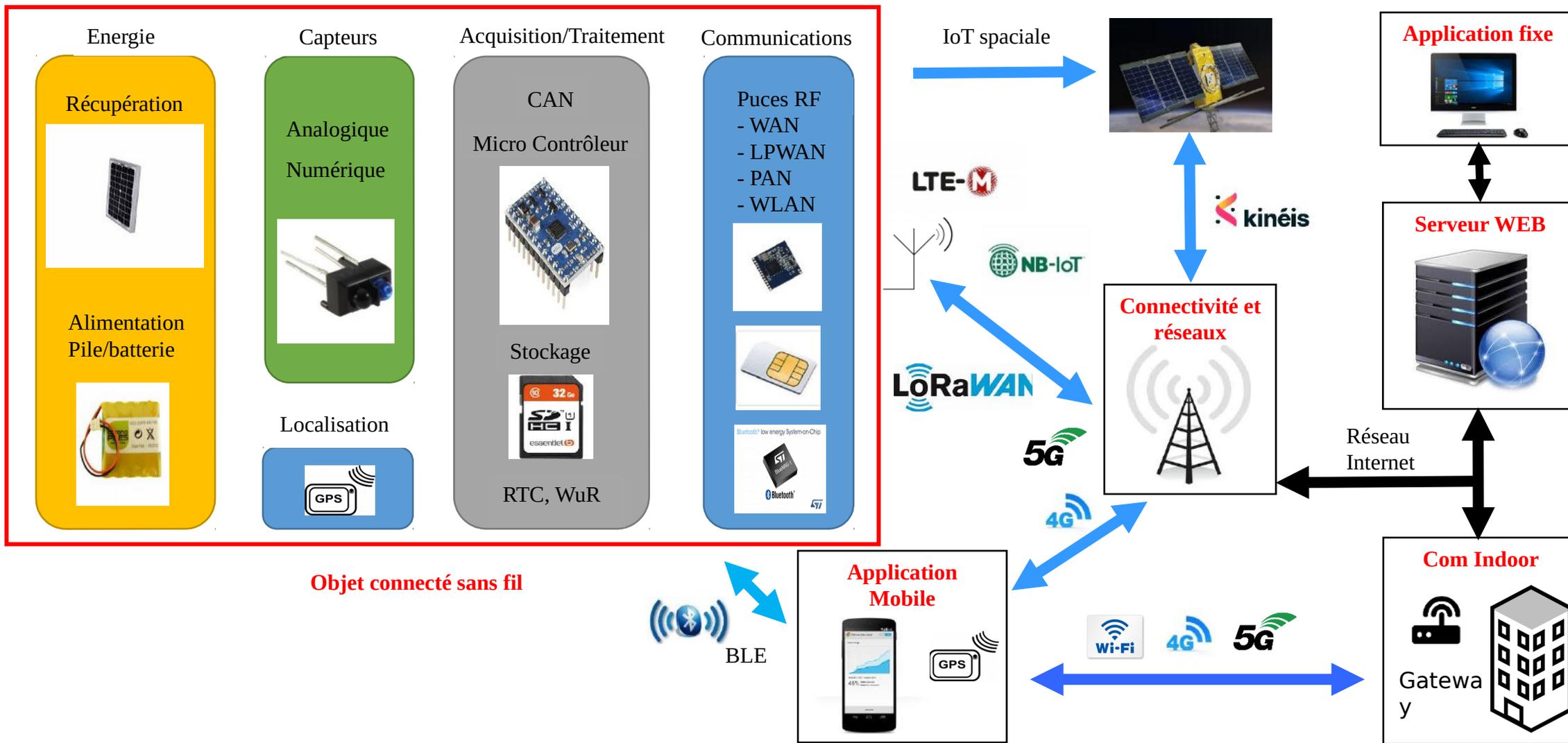
## Instrumentation conventionnelle



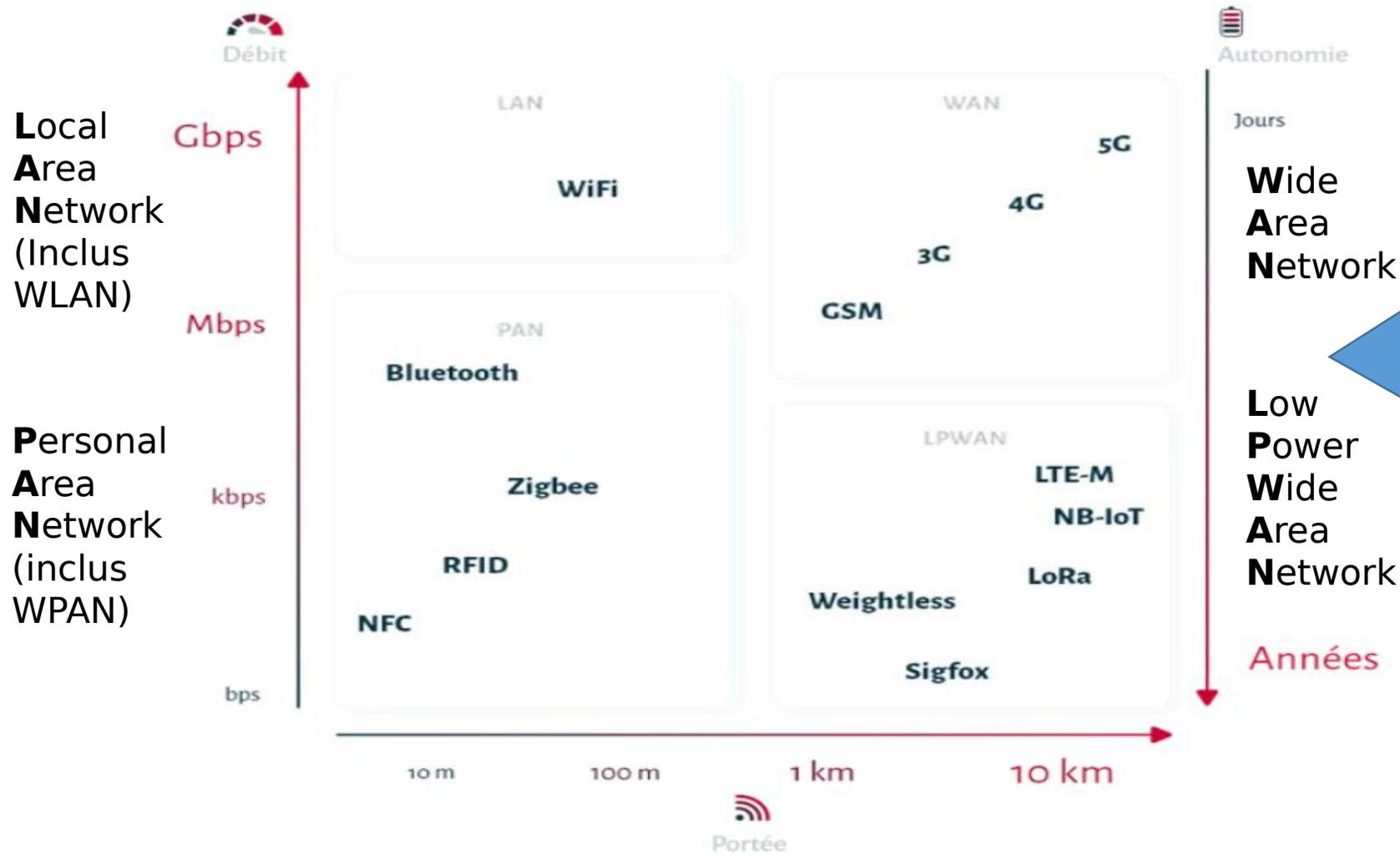
## Instrumentation embarquée et connectée



# Les objets connectés sans fil: *du capteur à l'usage*

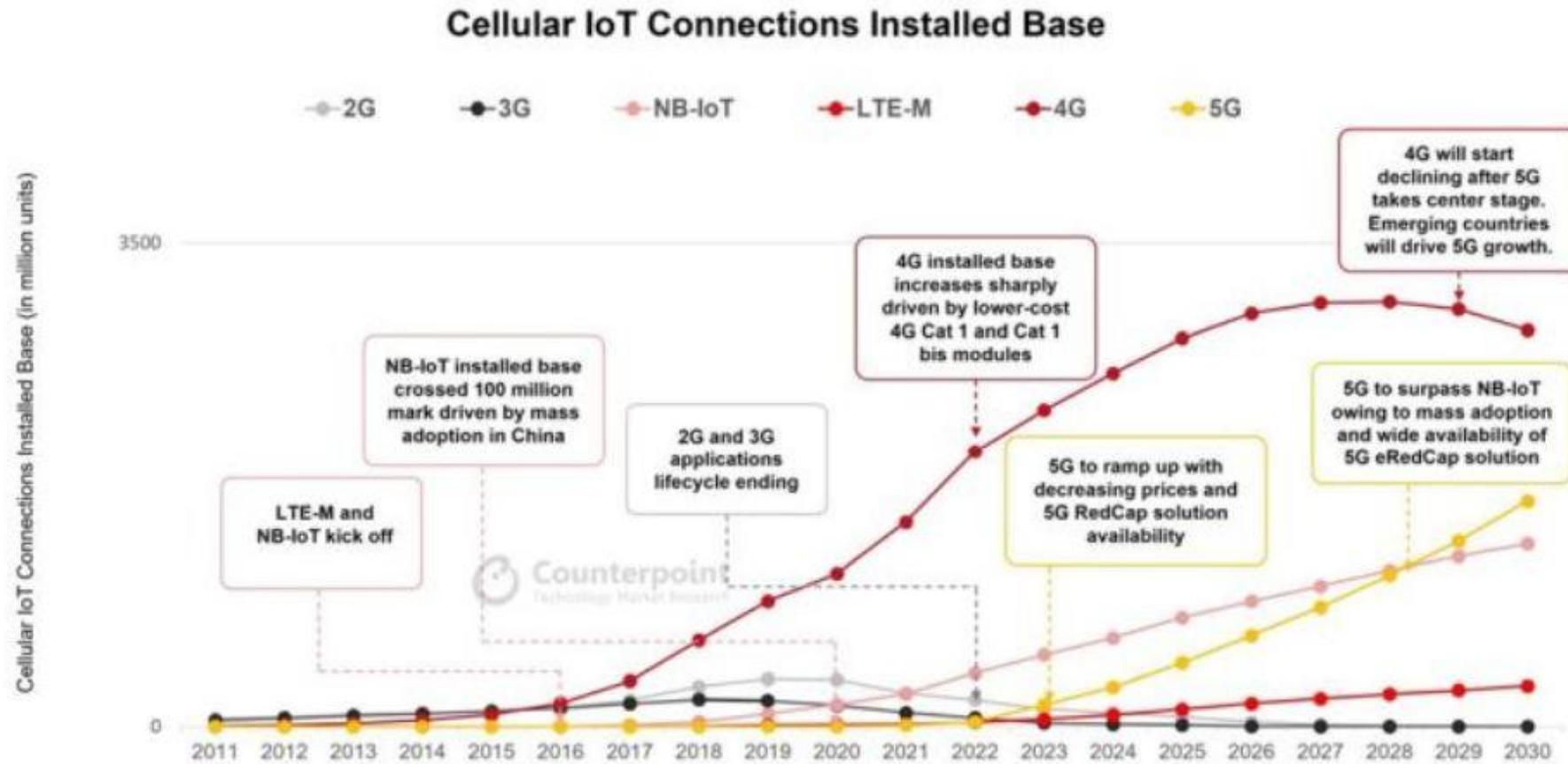


# Connectivité sans fil: que choisir ?



Nous testons les différentes technologies pour vérifier la couverture et la robustesse des liens Radios. Nous mesurons la consommation électrique en fonction du milieu et du cas d'usage.

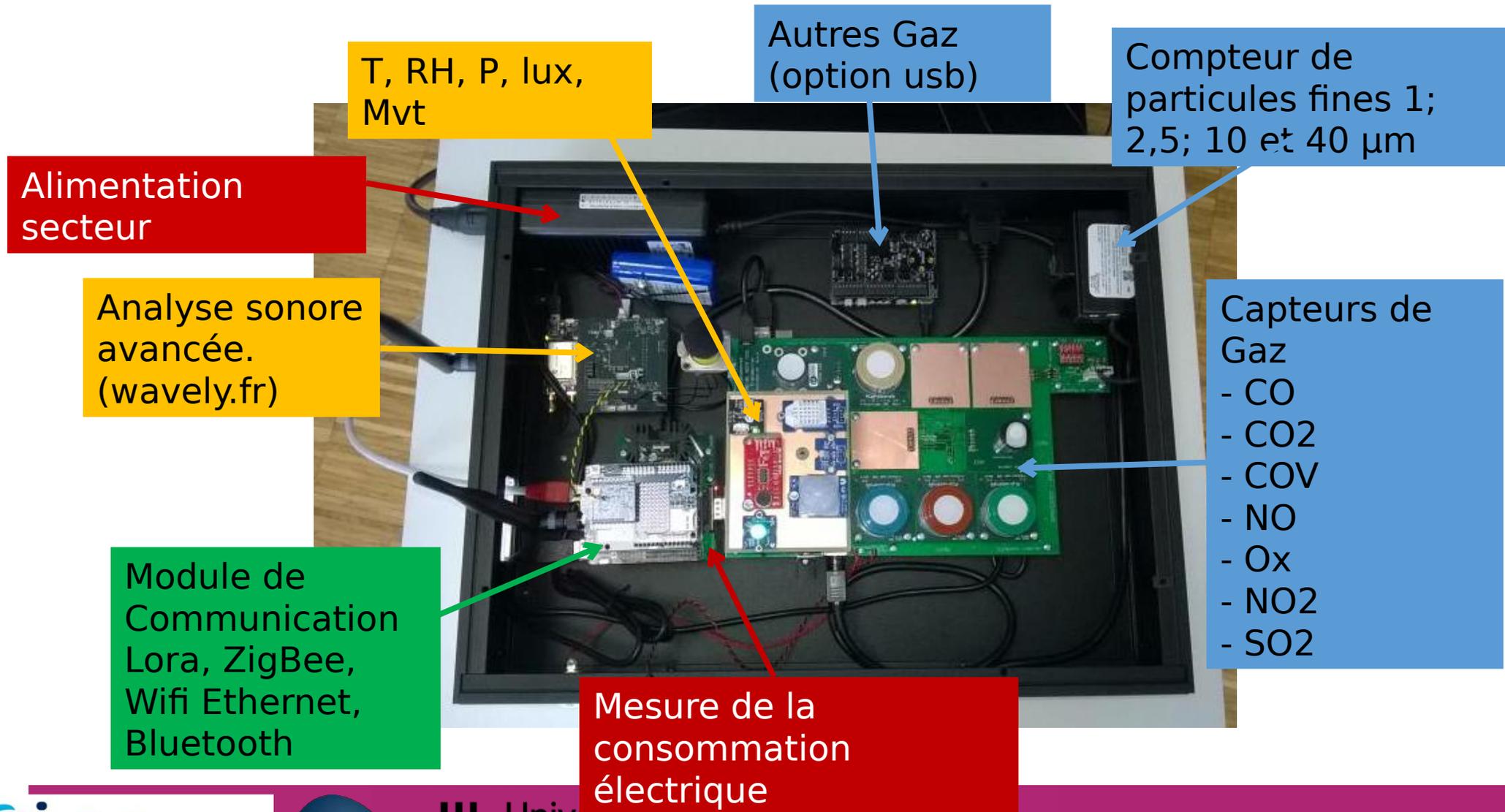
# Les prévisions des communications cellulaires



Notes: 4G includes 4G Cat 1, 4G Cat 1 bis, 4G Cat 4 and higher categories of 4G while 5G includes 5G RedCap and 5G eRedCap

Source: Counterpoint Research Global Cellular IoT Connections Tracker, May 2023

# Architecture matérielle d'un nœud de capteurs physiques et chimiques connecté



# Architecture logicielle

## Phase 1 : Acquisition, prétraitement

Un ou plusieurs capteurs



Arduino (Mega, BLE, MKR) / Intel Tiny Tile

## Phase 2 : Stockage en interne

Carte SD

RaspBerry Pi3 / Pi4



SQLite

Wifi / Ethernet (HTTPS)

USB / Bluetooth

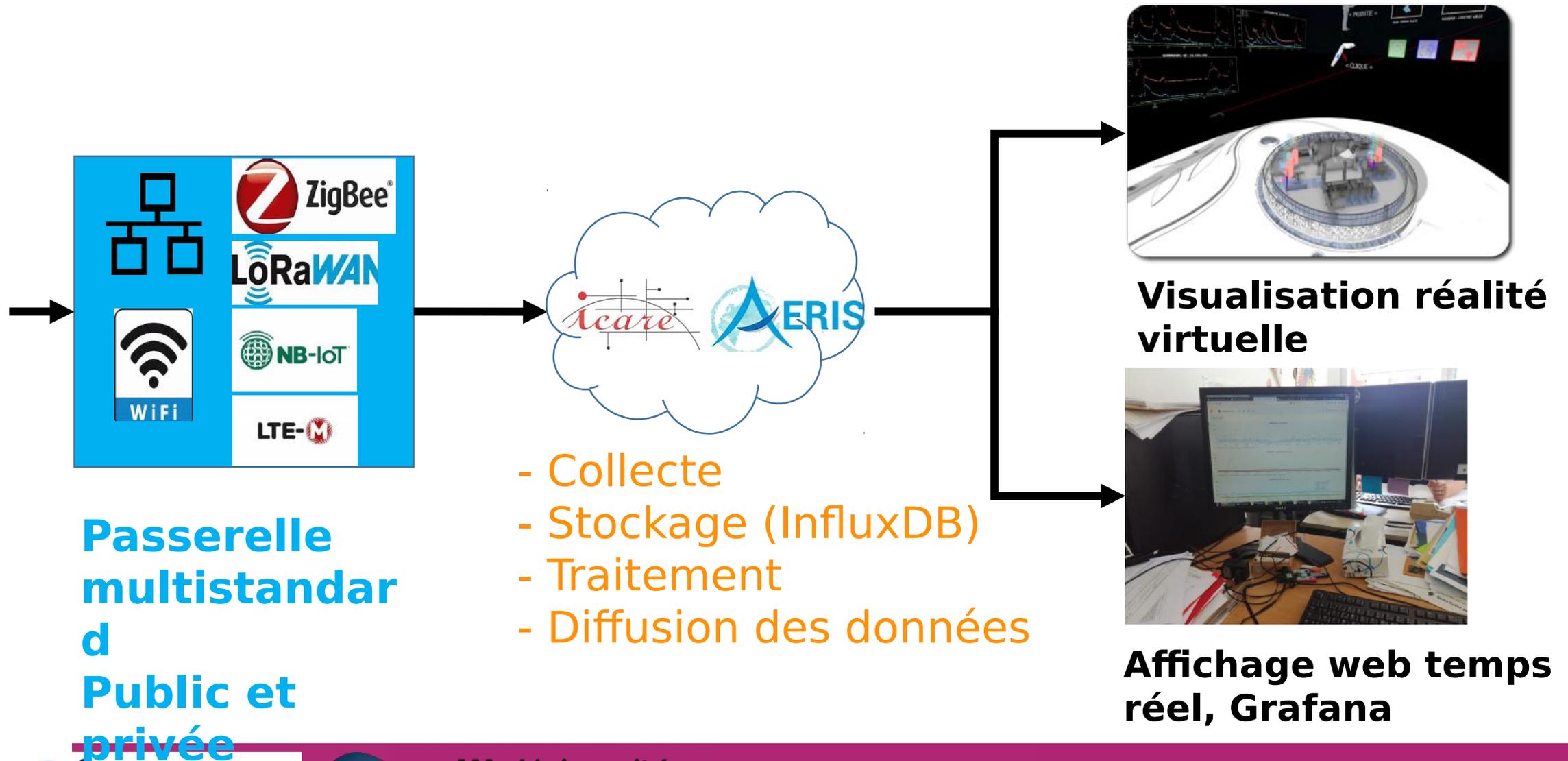
GSM (protocole HTTPS)

 **influxdb**

Token unique par capteur  
-> droit lecture/écriture  
desactivable

Phase 3 : Sauvegarde externe

# Architecture réseau et usage

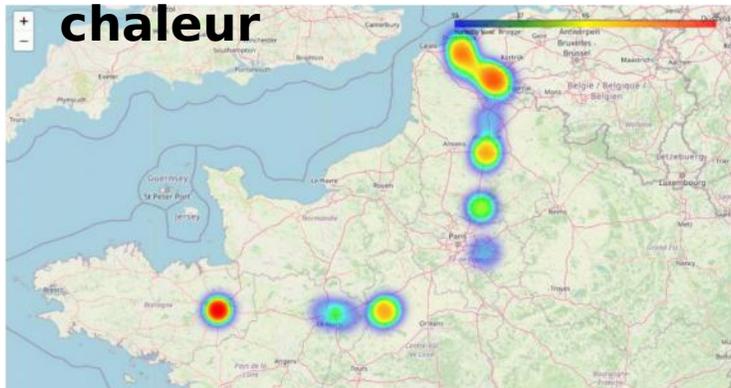


# Visualisation de données - État actuel

## ► Grafana



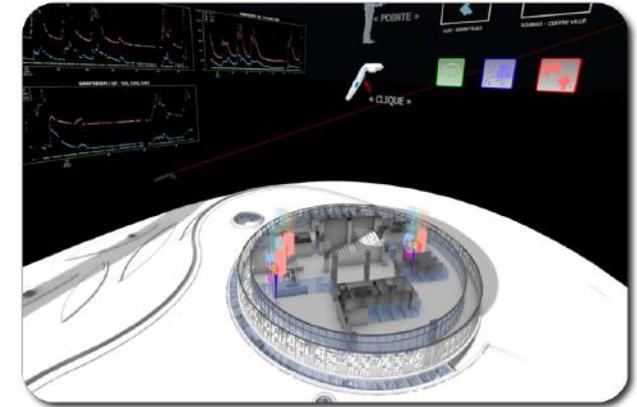
## ► Carte de chaleur



## ► Appli web visu 2D



## ► Réalité virtuelle



## ► Réalité augmentée / mixte



# Visualisation de données - Perspective

CornellIA : Équipement « DataViz collaboratif » LILLIAD / BU SHS



**Pré-figuration – Proposition Société  
Immersion**

# Sommaire

---

Présentation IRCICA (SigmaCOM & PIRVI)  
Cas d'usage - qualité de l'environnement  
**Nos projets en cours**  
Des challenges à la plateforme  
Conclusion et perspectives

# Cas d'usage: nos projets en cours

- ◆ Réseau de capteurs communicants autonomes en énergie pour la cartographie du pollen
- ◆ Réseau de capteurs communicants autonomes en énergie pour l'optimisation du rouissage du Lin.
- ◆ Cartographie de la pollution électromagnétique (dosimètre EMF portable)
- ◆ Cartographie de la pollution de l'air extérieur
- ◆ Logistique 4.0: décarbonation des emballages en carton
- ◆ Réseau de capteurs pour la surveillance des carrières du Nord

# Exemples de quelques réalisations



Station météo communicante autonome en énergie



Mesure de particules fines dont le pollen



120 objets connectés autonomes pour le suivi et la gestion des emballages industriels consignés

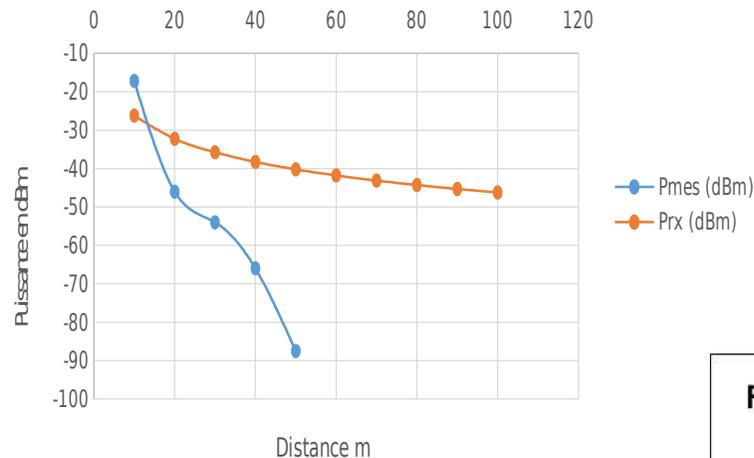


Exposimètre EMF portable multi-bande

# Cas d'usage: Réseau de capteurs pour la surveillance des catiches du Nord

## ◆ Mesures carrières Lezennes

Transmission à 868 MHz en CW en souterrain milieu calcaire et humide vs espace libre théorique



$$P_{rx}(dB_m) = P_{tx} + G_{tx} + G_{rx} + 20 \log_{10} \left( \frac{\lambda}{4\pi D_r} \right)$$

where  $\lambda$  is the wavelength, which is inversely proportional to the carrier frequency.

Friis Transmission Equation



$$P_r = G_t G_r P_t \left( \frac{\lambda}{4\pi r} \right)^2$$



Comment remplacer la supervision par l'homme ?

Quels capteurs ?

Communications (indoor/outdoor ?)

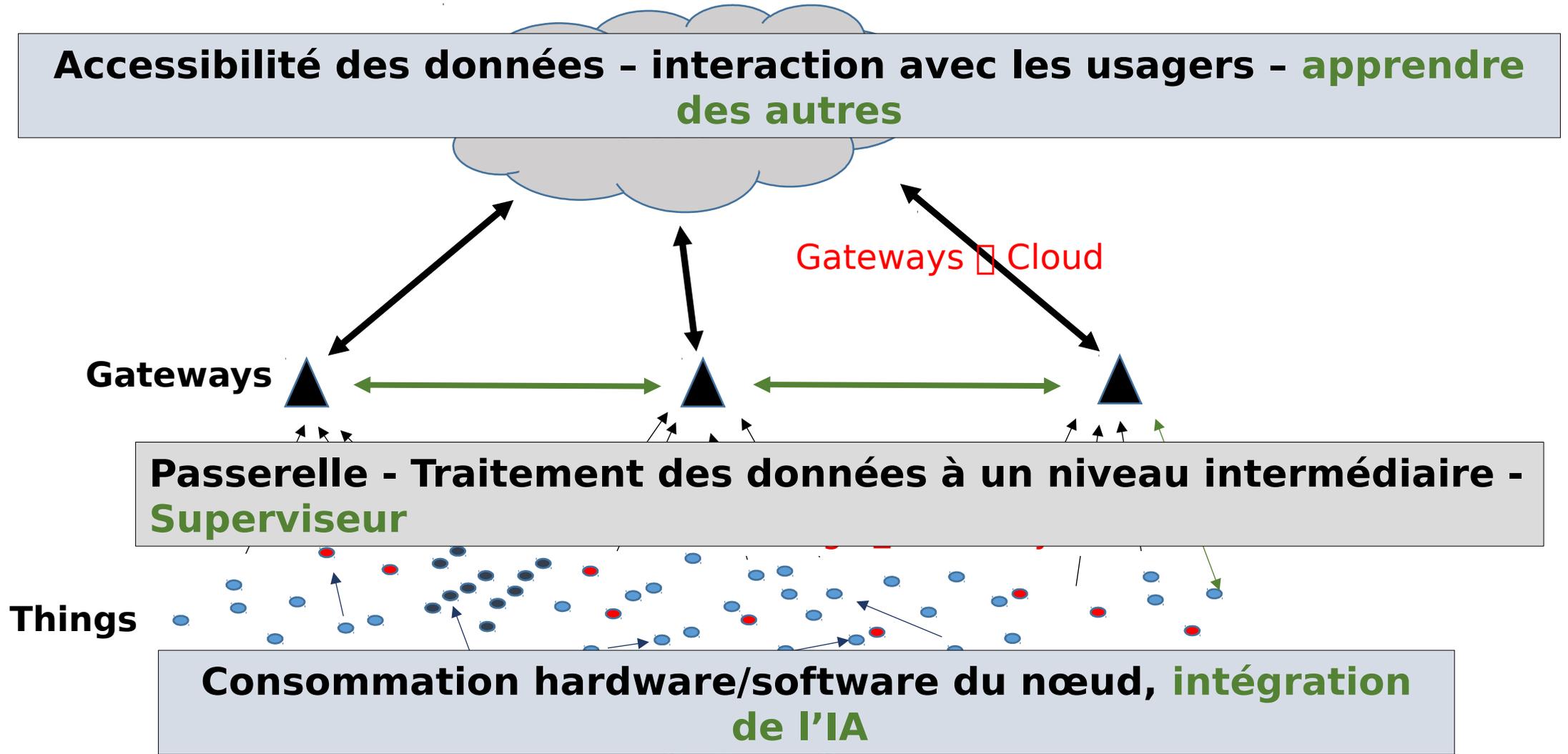
Durée de vie ?

# Sommaire

---

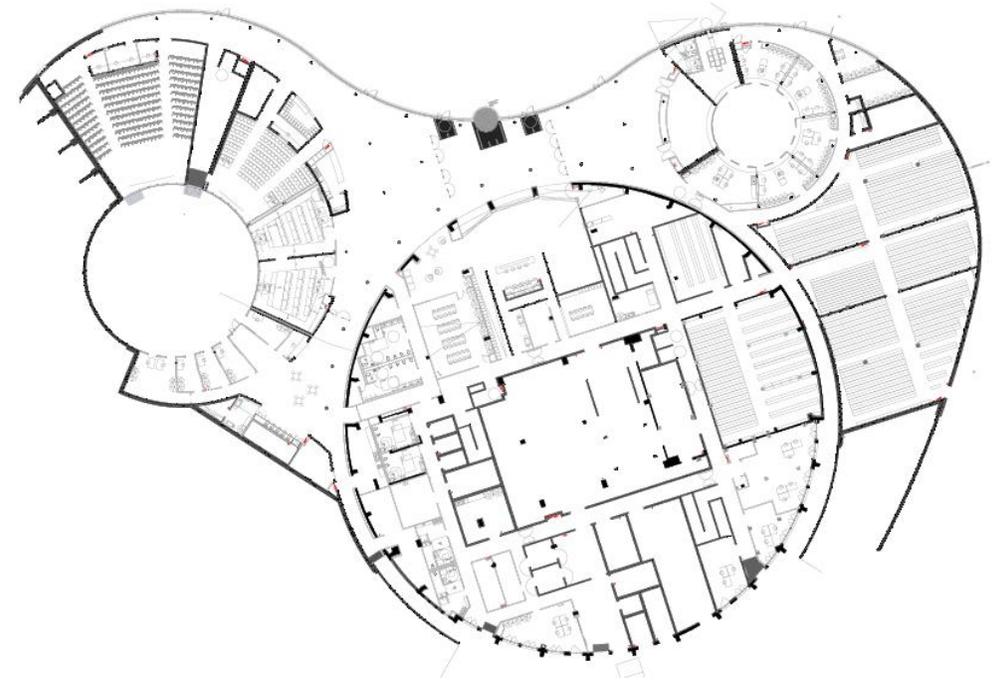
Présentation IRCICA (SigmaCOM & PIRVI)  
Cas d'usage - qualité de l'environnement  
Nos projets en cours  
**Des challenges à la plateforme**  
Conclusion et perspectives

# Contexte scientifique: les challenges du capteur à l'usage



# Projet CPER WP2 Cornella: une plate-forme multi-capteurs, multi-usages, multi-disciplines, visu collaborative de données

*Lilliad : un des lieux pour expérimenter dans un environnement réel*

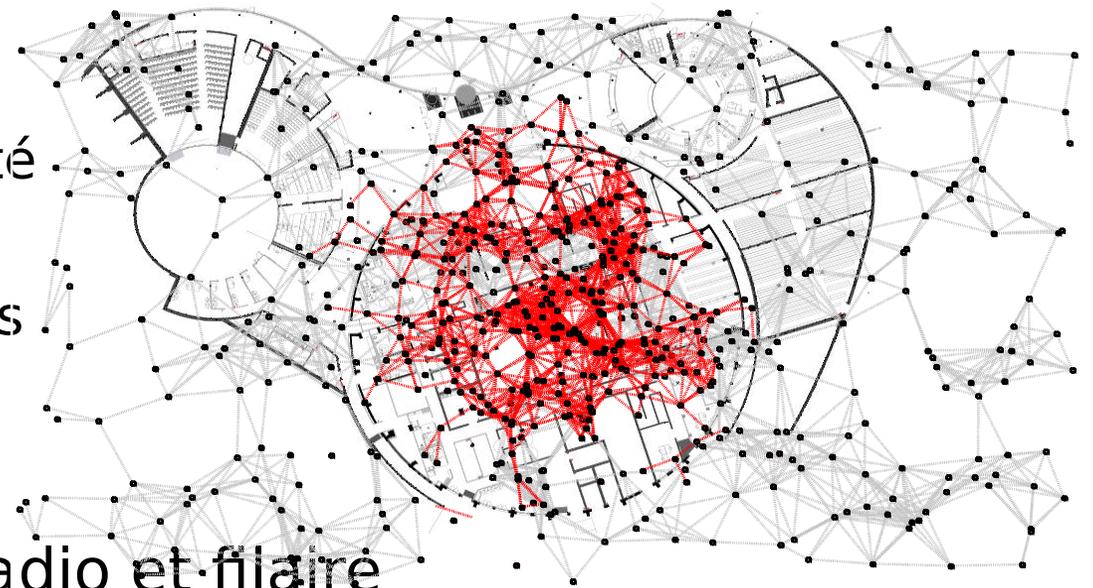


Proche de **50000 passages / an**

# Contexte du projet plateforme IoT

## ◆ Différents capteurs

- Humidité, chaleur, mouvement, luminosité
- Capteurs de pollutions (PC2A / LOA)
- Sonomètres / champs électromagnétiques
- Tables connectées



## ◆ Connectés avec plusieurs solutions radio et filaire

## ◆ Vers le cloud (ICARE UNIV-LILLE) pour la récupération des données

- Mise à disposition des données pour le traitement, l'interprétation...
- Robustesse des communications, fiabilité des données, consommation des nœuds

# La plateforme d'expérimentation IoT, pour y arriver...

- ◆ Multi-capteurs pour corriger les biais, Multi-objets, Multi-systèmes communicants.
- ◆ Des capteurs, des systèmes d'acquisition, des communications, du stockage, du traitement de données, de la prise de décision optimale (IA).
- ◆ Concevoir des systèmes interopérables, standardisés à usage simple (plug and play, voir transparent pour l'utilisateur), fiables, robustes, ultra faible consommation, bas coût.
- ◆ Accroître la maintenance prédictive.
- ◆ Diminuer le control supervisé par l'être humain.



# Sommaire

---

Présentation IRCICA (SigmaCOM & PIRVI)  
Cas d'usage - qualité de l'environnement  
Nos projets en cours  
Des challenges à la plateforme  
Conclusion et perspectives

# Conclusion et perspectives générales

- ◆ Une expérience collaborative enrichissante
- ◆ Un réseau fonctionnel pour la qualité de l'environnement
- ◆ Améliorer la fiabilité des systèmes Hard/Soft, la chaîne est longue....
- ◆ Peut on améliorer l'efficacité énergétique du nœud en fonctionnement réel ? Quel sera le gain ?
- ◆ Intégrer de l'IA au sein du nœud, de la gateway et du cloud ?
- ◆ Continuer à expérimenter avec d'autres cas d'usages en cours de développements...
- ◆ Nous ne faisons que commencer et beaucoup reste à faire pour atteindre les objectifs visés de l'intelligence ambiante ultra faible consommation !

# Partenaires

- **Laboratoire Physicochimie des Processus de Combustion et de l'Atmosphère (PC2A)**

- Benjamin Hanoune CR

- **Laboratoire d'Optique Atmosphérique (LOA)**

- Suzanne Crumerolle McF

- **Laboratoire de Spectroscopie pour les Interactions, la Réactivité et l'Environnement (LASIRE)**

- Nicolas Visez McF

- Marie Choel McF

- **Centre de Recherche en Informatique, Signal et Automatique de Lille (CRISTAL)**

- Samuel Degrande IR (CRISTAL / IRCICA)

- Stevens JOURDAIN IR (CRISTAL / IRCICA)

- **Institut National Recherche Informatique Automatique (INRIA / Nord)**

- Nathalie MITTON CR

- **Unité de Glycobiologie Structurale et Fonctionnelle (UGSF)**

- Sébastien Grec McF

- **Institut d'Electronique de Microélectronique et de Nanotechnologies**

- Laurent Clavier Pr (IMT/IEMN / IRCICA)

- Rédha Kassi IR (IEMN / IRCICA)

- David DELCROIX AI (IEMN / IRCICA)

- Steve Arscott CR (IEMN)

- **Goodflow (entreprise Nantes)**

- Ronan Le Roy (Chef entreprise)

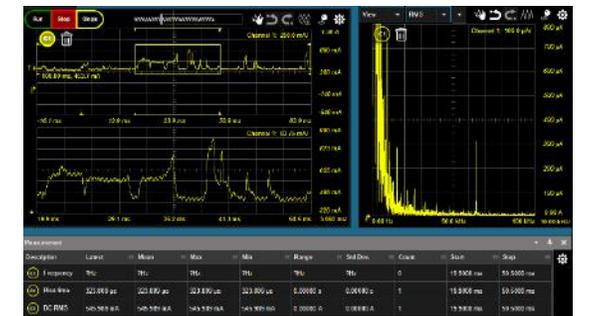
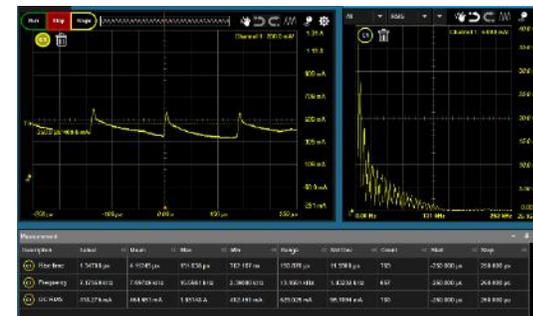
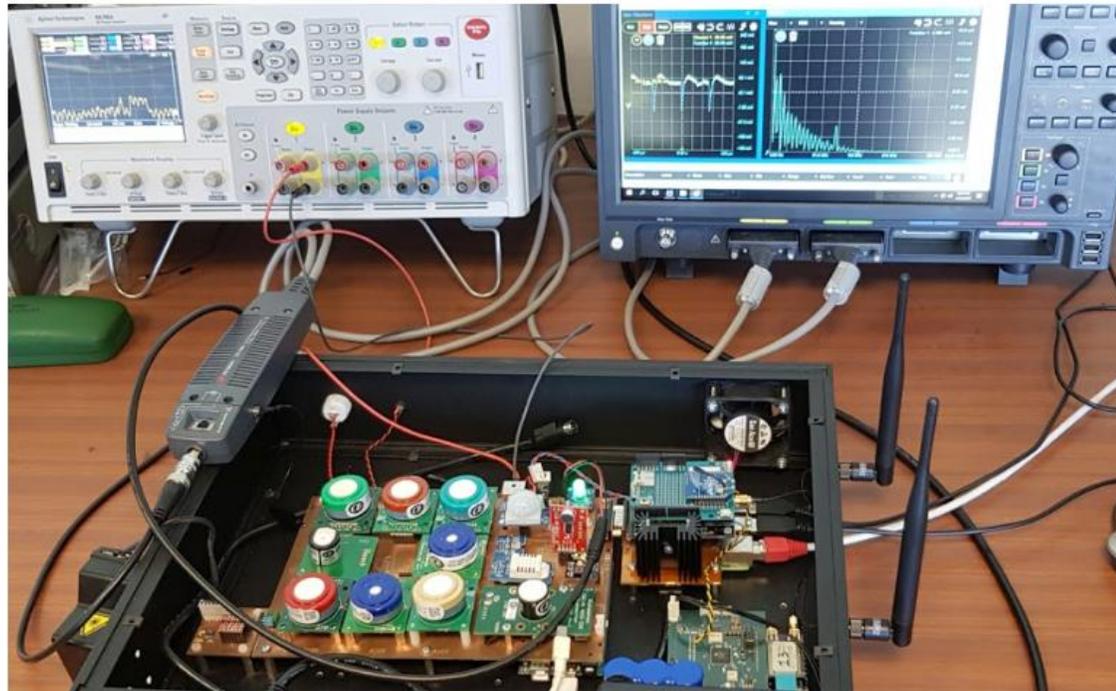


ASIRE)



# Optimiser la consommation Hard/Soft

## ◆ Développement d'un wattmètre embarqué



# Caractérisation d'une communication temps réel

