

# Audition Maître de Conférences Polytech Nancy/CRAN

**Samir SI-MOHAMMED**

---

Projet : **Jumeaux Numériques pour des Réseaux Sans-fil Optimisés**

Équipe : **ARN**

# Parcours, Activités d'Enseignement et de Recherche

# Domaine de Recherche : Réseaux sans-fil

- ❖ Interconnexion d'équipement finaux et passerelles, à l'aide de technologies de communication sans-fil



- **Objectifs :** Concilier **performances**, **fiabilité** et **coût** des communications
  - Énergie, coût financier, ressources radio, etc.
- **Question de Recherche :** Comment **combler le gap** entre les modèles de **simulation** et les **performances réelles** des réseaux sans-fil ?
- **Approche :**
  - Combiner simulation et expérimentation : **Jumeaux numériques**

# Parcours Académique + Contributions

2015 – 2020



**Ingénieur + Master 2 en Informatique**

**Supervision :** Pr. Yacine Challal, Pr. Karima Benatchba



Janvier – Juin 2020



**Stage de Recherche**

**Supervision :** Pr. Adlen Ksentini

**Contribution :** Optimisation de vols de Drones sur des Réseaux 5G



2020 – 2023



**Doctorat en Informatique (10/2023)**

**Supervision :** Pr. Thomas Begin,

Pr. Isabelle Guérin Lassous, Dr. Pascale Vicat-Blanc

**Contributions :**

- Sélection multicritère de Technologies Réseau
- Calibrage de modèles de simulation



Juin – Août 2023



**Mobilité Internationale**

**Supervision :** Pr. Catherine Rosenberg

**Contribution :** Étude de techniques de localisation en 5G



Novembre 2023 –



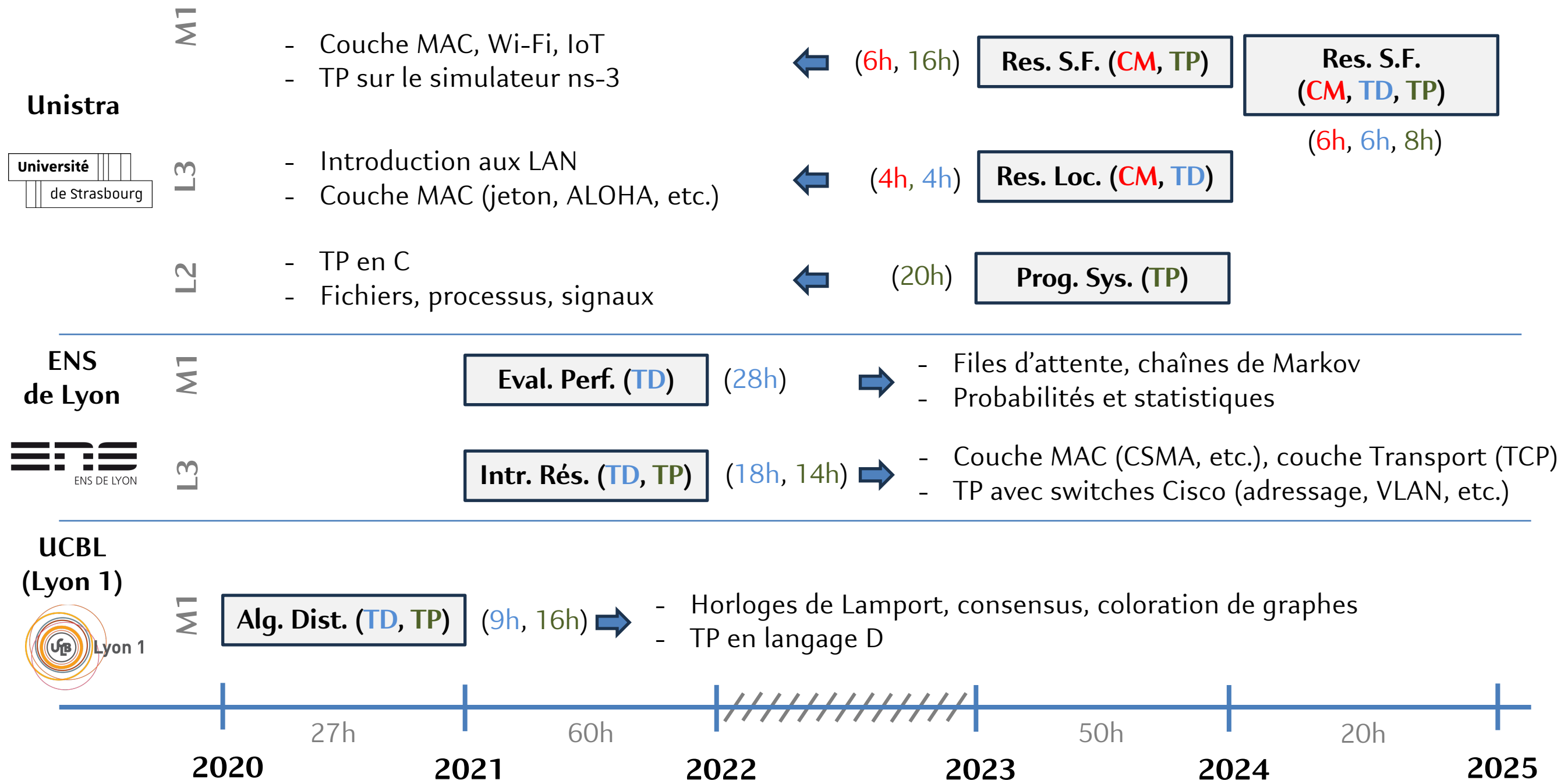
**Postdoctorat**

**Supervision :** Dr. Fabrice Théoleyre

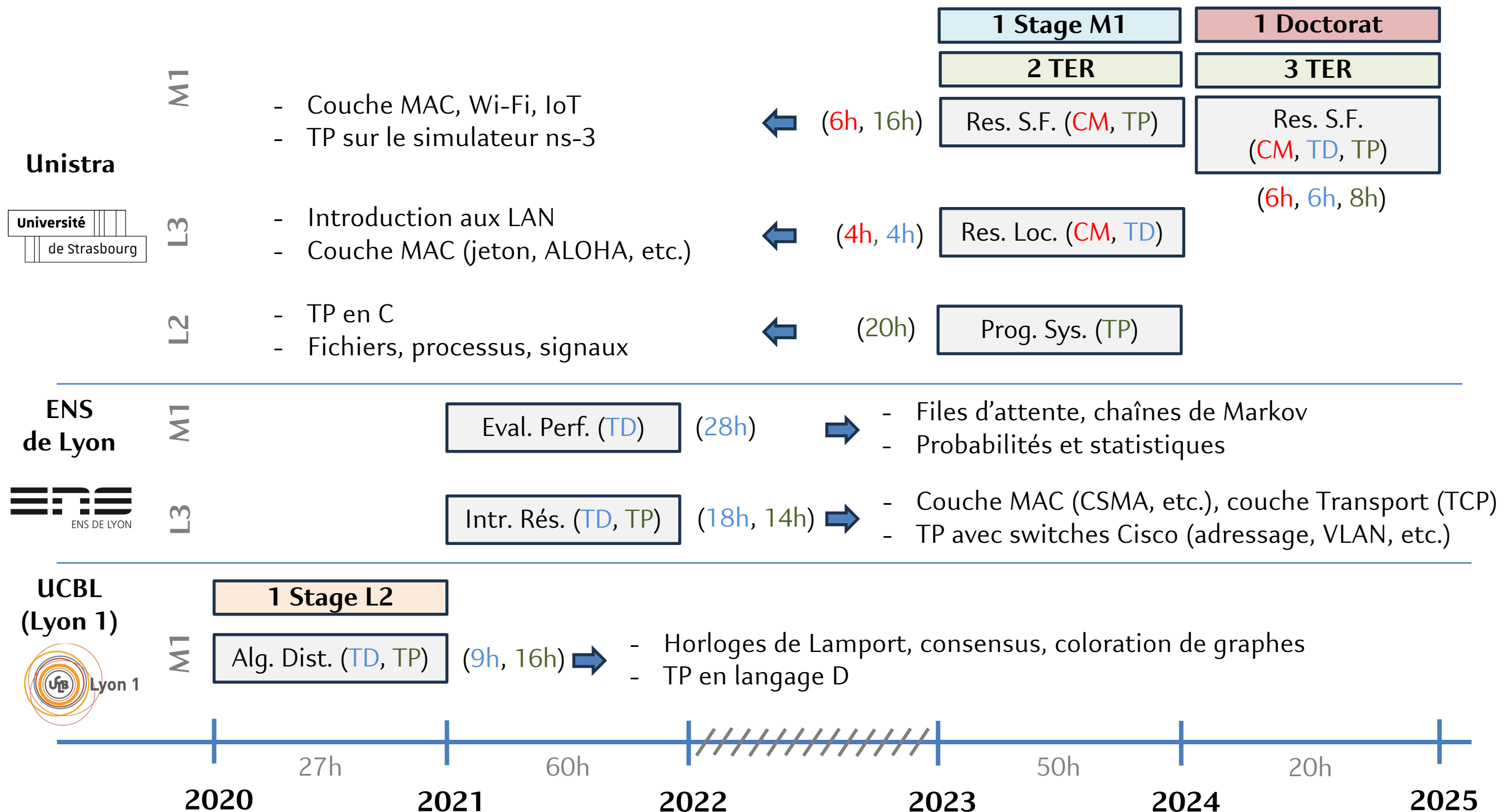
**Contribution :** Jumeaux numériques de réseaux sans-fil



# Activités d'Enseignement



# Activités d'Enseignement / d'Encadrement



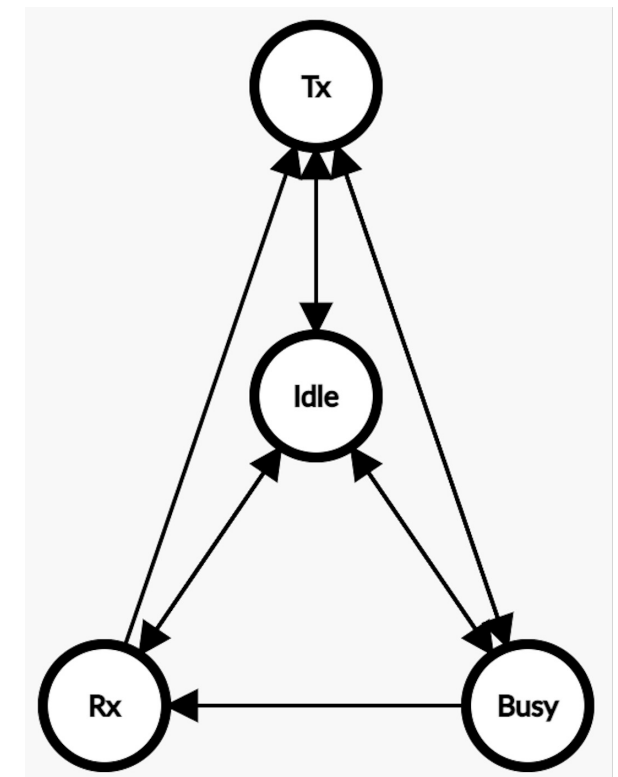
# Calibrage de Simulateurs Réseau

## ❖ Problématique :

- Simulation extrêmement utilisée en réseaux
  - Exemple : Approx. autant d'articles IoT utilisant ns-3 que FIT IoT-Lab en 2021 [1]
- Comment calibrer les modèles de consommation d'énergie ?
  - Précision des simulateurs réseau
  - Exemple : Consommation énergétique cruciale dans les systèmes IoT

## ❖ Verrou scientifique :

- Écart entre expérimentation et simulation en termes de temps passé dans chaque état physique du nœud



[1] Singh, A., Nandanwar, H., & Chauhan, A. (2022, September). Simulation Tools and Testbeds for Internet of Things (IoT): "Comparative Insight". In 2022 Second International Conference on Computer Science, Engineering and Applications (ICCSEA) (pp. 1-7). IEEE.

# Calibrage de Simulateurs Réseau

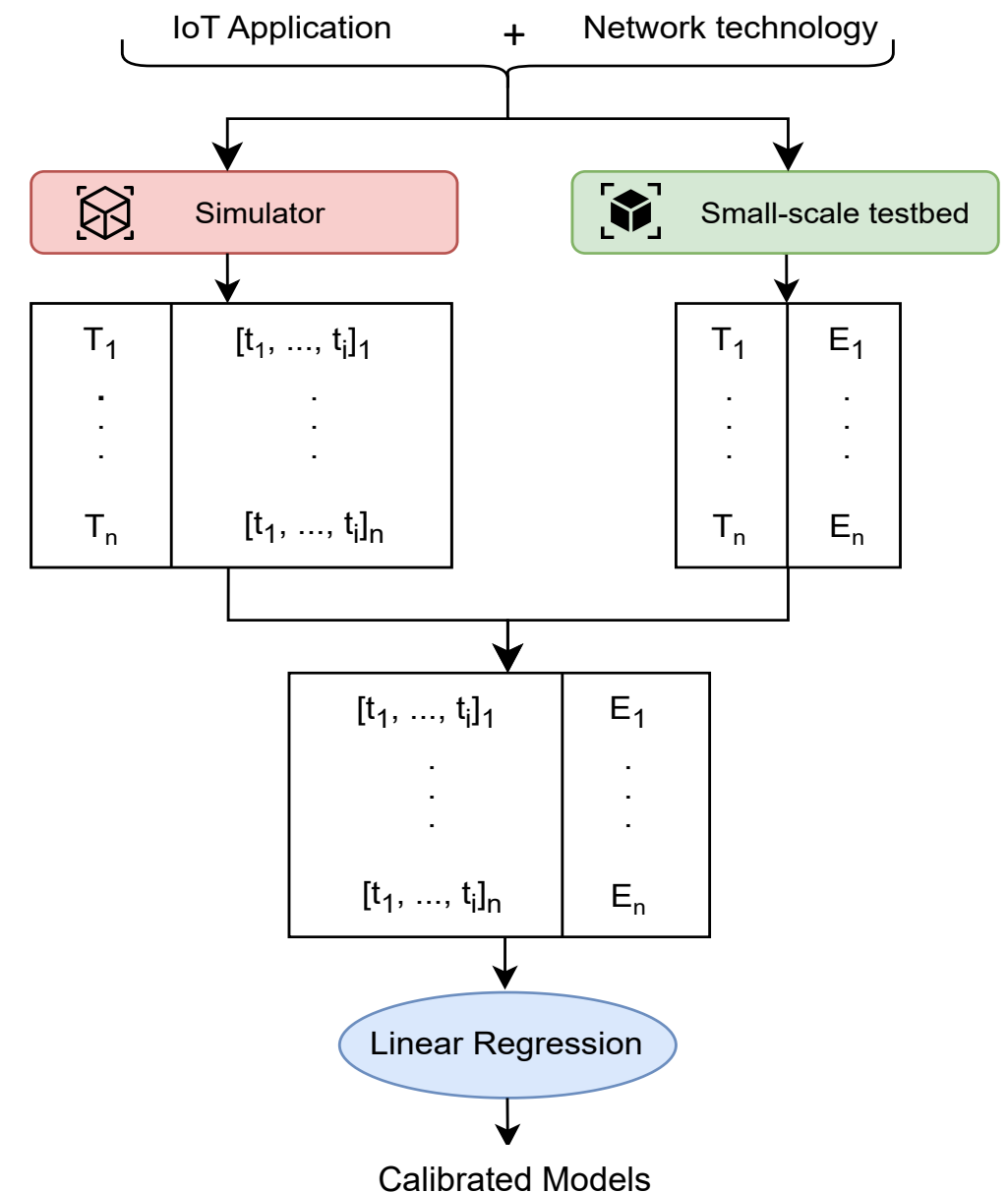
❖ **Contribution** : Méthode hybride combinant **simulation** et **expérimentation**

❖ **Fonctionnement** :

1. Pour des fenêtres de temps identiques :
  - Garder trace des temps passés dans chaque état physique dans le simulateur
  - Calculer l'énergie consommée dans la plateforme expérimentale
2. Fusionner les deux ensembles de données
3. Appliquer une régression linéaire pour calibrer les modèles

❖ **Apport**

- **Calibrage des modèles de simulation sans avoir à modifier leur implémentation**





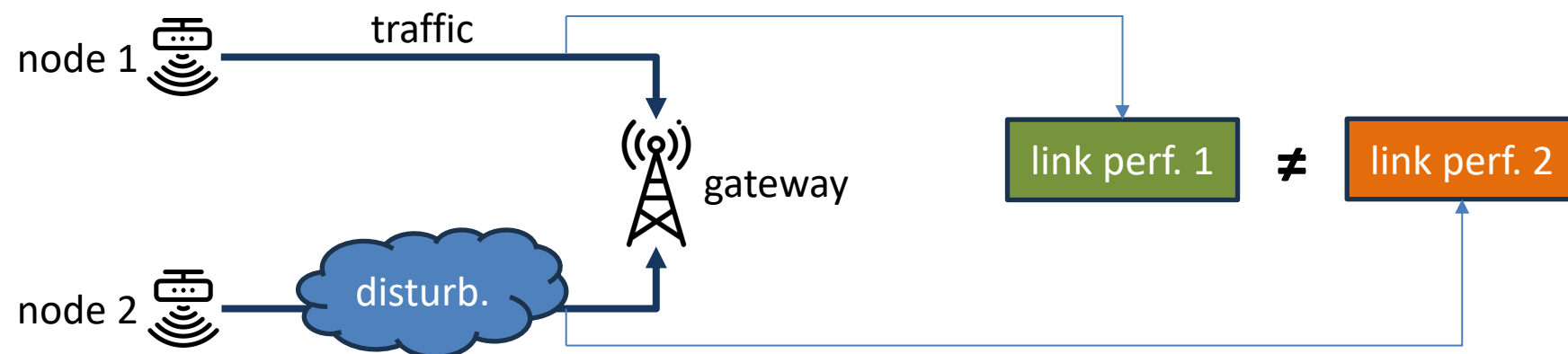
# Configuration de Réseaux sans-fil

## ❖ Problématique :

- Comment prédire l'impact d'une configuration sur les performances ?
  - Explosion combinatoire des paramètres
    - > 20,000 configurations pour la technologie 802.15.4
  - Impact considérable sur les performances
    - Consommation énergétique, taux de succès, etc.

## ❖ Verrou scientifique :

- Hétérogénéité des liens : *Lien = (émetteur, récepteur)*
  - Modélisation uniforme du réseau

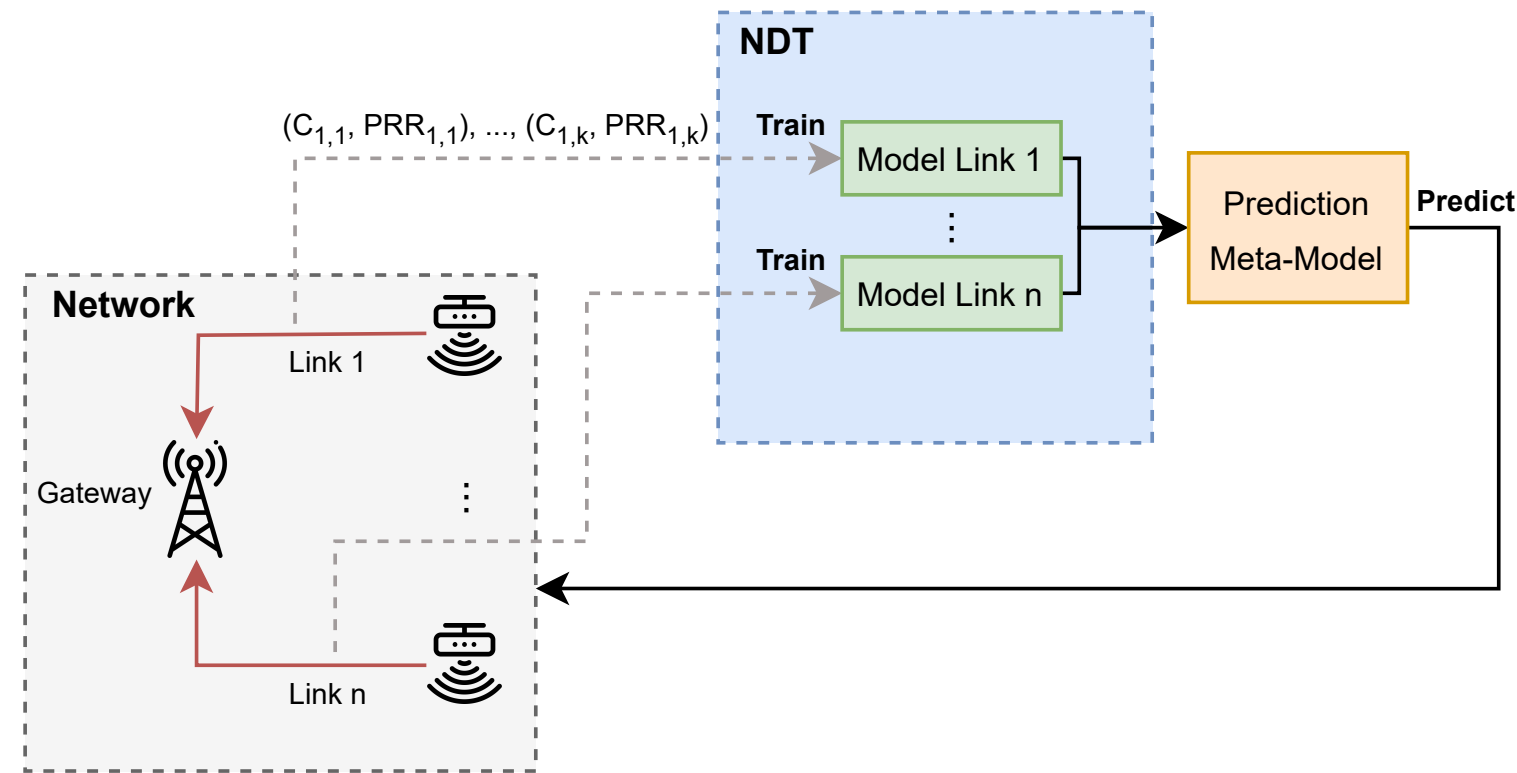


# Configuration de Réseaux sans-fil

## ❖ Contribution : Approche pilotée par les données

### ❖ Fonctionnement :

- Emploi des données de configurations issues du déploiement réel
- Modélisation individuelle des liens radio
- Focus sur l'impact de la couche MAC sur le nombre de retransmissions



### ❖ Apports

- **Impact individualisé des configurations selon le lien**
- **Nouvelle approche de modélisation des réseaux**

- 
- **S. Si-Mohammed** and F. Théoleyre. « Data-Driven Prediction Models for Wireless Network Configuration ». In 39th International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA), April 2025.

# **Projet d'Intégration : Enseignement et Recherche**

# Projet d'Enseignement

## ❖ Intégration à l'équipe pédagogique de la formation IA2R (FISE, FISA)

### ❖ Dès à présent :

- Capacité à prendre en charge potentiellement tous les cours orientés réseaux, dont en particulier :
  - Sécurité en Réseau (ACL, VPN, etc.) et SDN en S8
  - WAN (BGP, AS, etc.) en S9
- Intervenir dans les cours de :
  - Algorithmique, bases de l'IA, développement logiciel...

# Projet d'Enseignement

## ❖ Intégration à l'équipe pédagogique de la formation IA2R (FISE, FISA)

### ❖ Dès à présent :

- Capacité à prendre en charge potentiellement tous les cours orientés réseaux, dont en particulier :
  - Sécurité en Réseau (ACL, VPN, etc.) et SDN en S8
  - WAN (BGP, AS, etc.) en S9
- Intervenir dans les cours de :
  - Algorithmique, bases de l'IA, développement logiciel...

### ❖ Moyen terme :

- Proposition d'un cours sur les réseaux sans-fil et IoT (Wi-Fi, LoRa, etc.) + Partie pratique
- Proposition de projets d'initiation à la recherche (*e.g.*, TER)
- Aide à l'organisation d'événements (*e.g.*, CHE)

### ❖ À plus long terme :

- Création d'un Master orienté technologies cellulaires (5G/6G)
- Exercice de responsabilités pédagogiques et administratives

# Projet de Recherche

❖ **Jumeaux Numériques (JN)** : Approche visant à reproduire le comportement d'un système [2].

➤ Dans un contexte réseau :

- **Détection** de changements dans l'environnement
- Test de **configurations** avant déploiement



Réseau Sans-fil

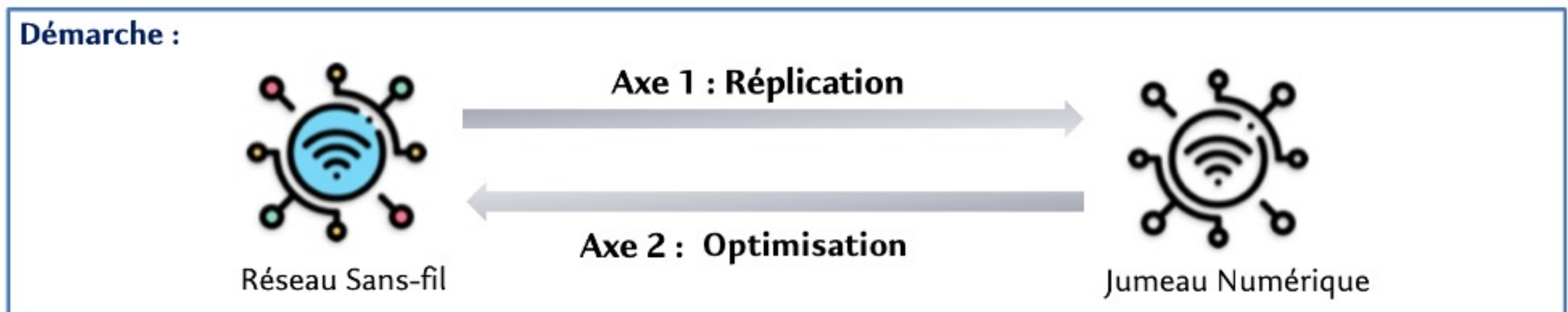


Jumeau Numérique

➔ **Compromis entre précision et complexité des modèles**

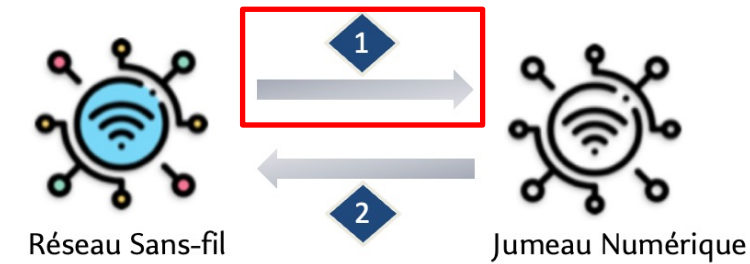
## ■ Objectifs :

- Concevoir des mécanismes pour développer un jumeau numérique **précis** et **le moins coûteux possible**
- Permettre **l'optimisation automatique** d'un réseau sans-fil sur l'ensemble de la **pile réseau**



[2] Rasheed, A., San, O., & Kvamsdal, T. Digital twin: Values, challenges and enablers from a modeling perspective. IEEE Access (2020).

# Projet de Recherche



## 1 Axe 1 : Réplication de réseaux sans-fil à l'aide de jumeaux numériques

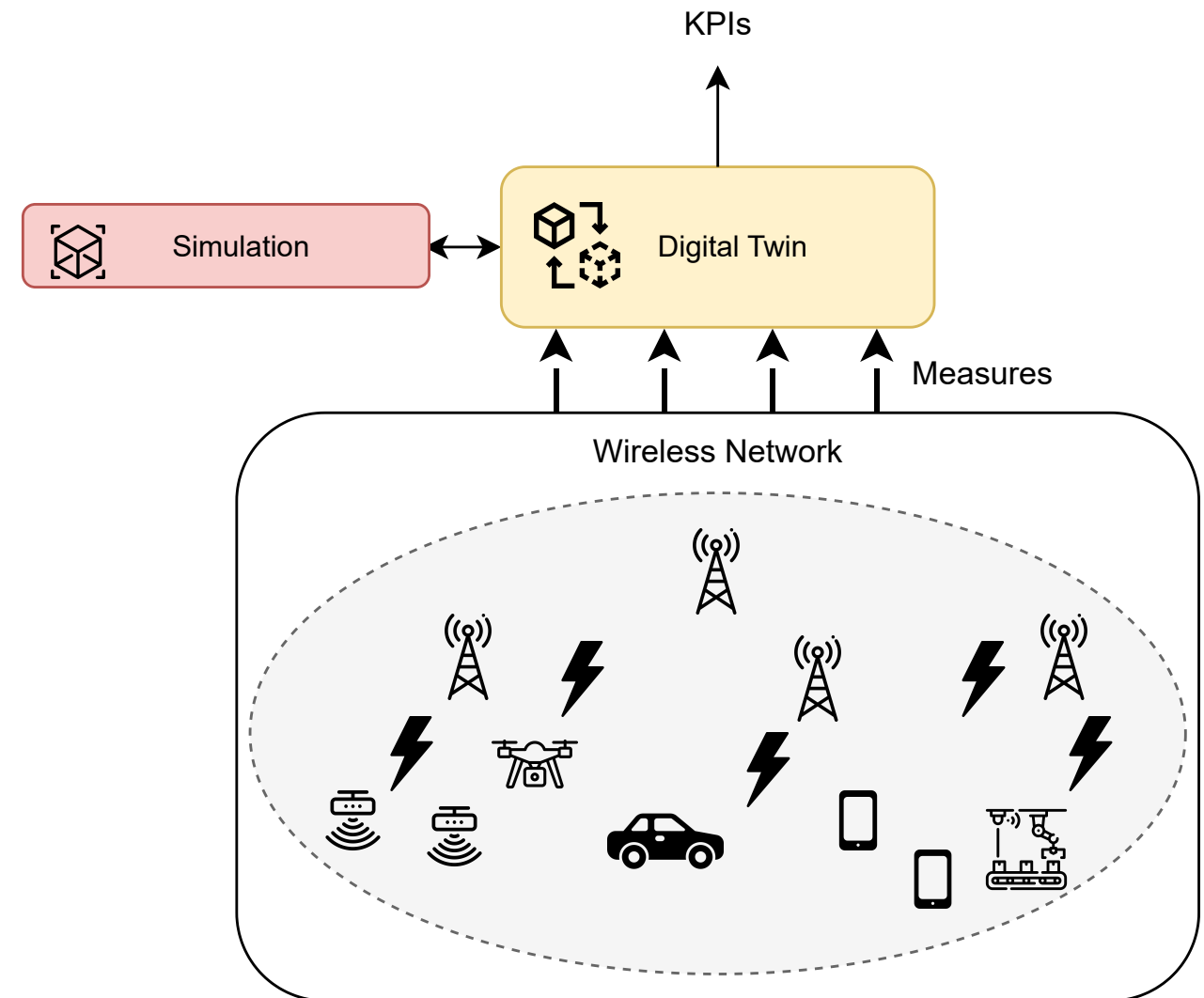
❖ **Objectif :** Efficacité et Précision du processus de Modélisation

❖ **Problématique :**

- Comment développer des modèles capables, **à coût minimal**, de :
  - **Reproduire** les performances d'un réseau sans-fil ?
  - **Prédire** ses performances futures ?

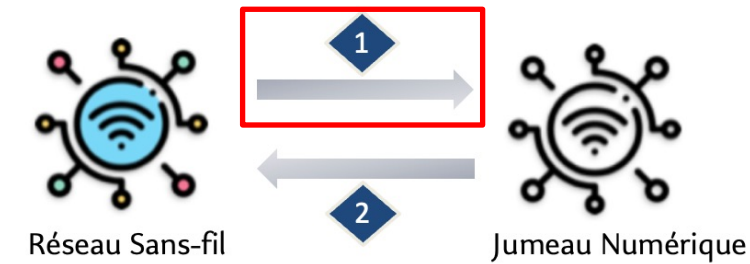
❖ **Verrou scientifique :**

- **Imprécision** et **Complexité** des modèles de simulation
  - Ray-tracing [3] précis mais coûteux
  - Log Distance ou Rayleigh trop simplistes



[3] Valenzuela, Reinaldo. "A ray tracing approach to predicting indoor wireless transmission." IEEE 43rd vehicular technology conference (1993).

# Projet de Recherche



## Axe 1 : Réplication de réseaux sans-fil à l'aide de jumeaux numériques

### ❖ Approche :

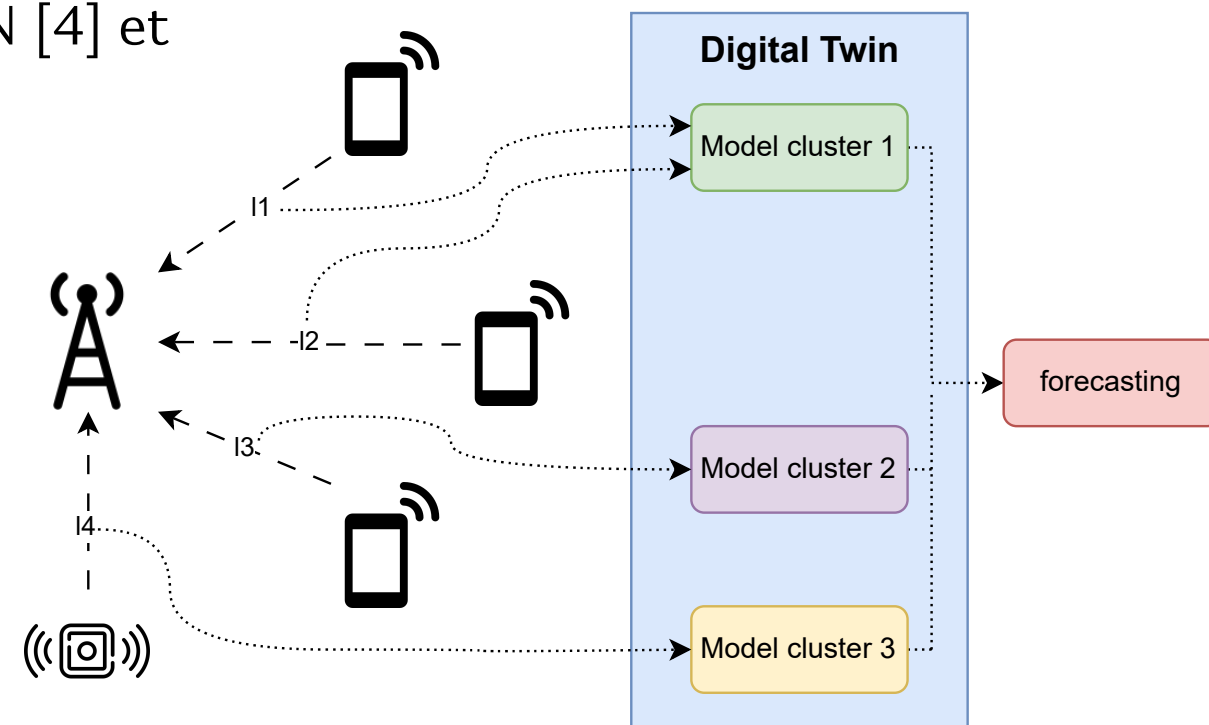
1. Employer des approches pilotées par des données expérimentales
2. Modéliser **séparément** chaque **famille** de liens radio

### ❖ Originalité :

- ✓ Capture de l'évolution du réseau (comparé aux GNN [4] et au Ray-Tracing [5])
- ✓ Réduction de la complexité (par rapport au fait de considérer un modèle par lien)

### ❖ Défis scientifiques :

- Métrologie  
→ Métriques actives/passives, frugalité, etc.
- Groupement de liens  
→ Métriques statistiques + relatives au déploiement

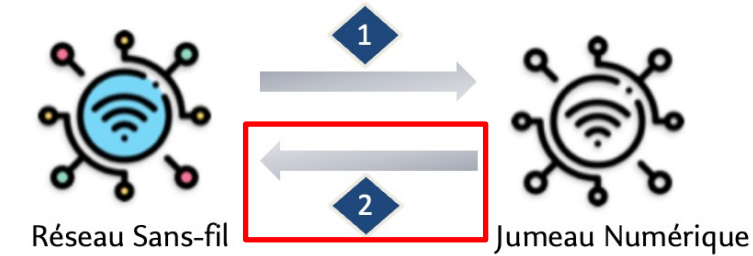


[4] Ferriol-Galmés, M. et al. « RouteNet-Fermi: Network modeling with graph neural networks. » IEEE/ACM transactions on networking (2023).

[5] Ruah, C. et al. « Calibrating wireless ray tracing for digital twinning using local phase error estimates. » IEEE Transactions on Machine Learning in Communications and Networking (2024).



# Projet de Recherche



2

## Axe 2 : Optimisation de réseaux sans-fil à l'aide de jumeaux numériques

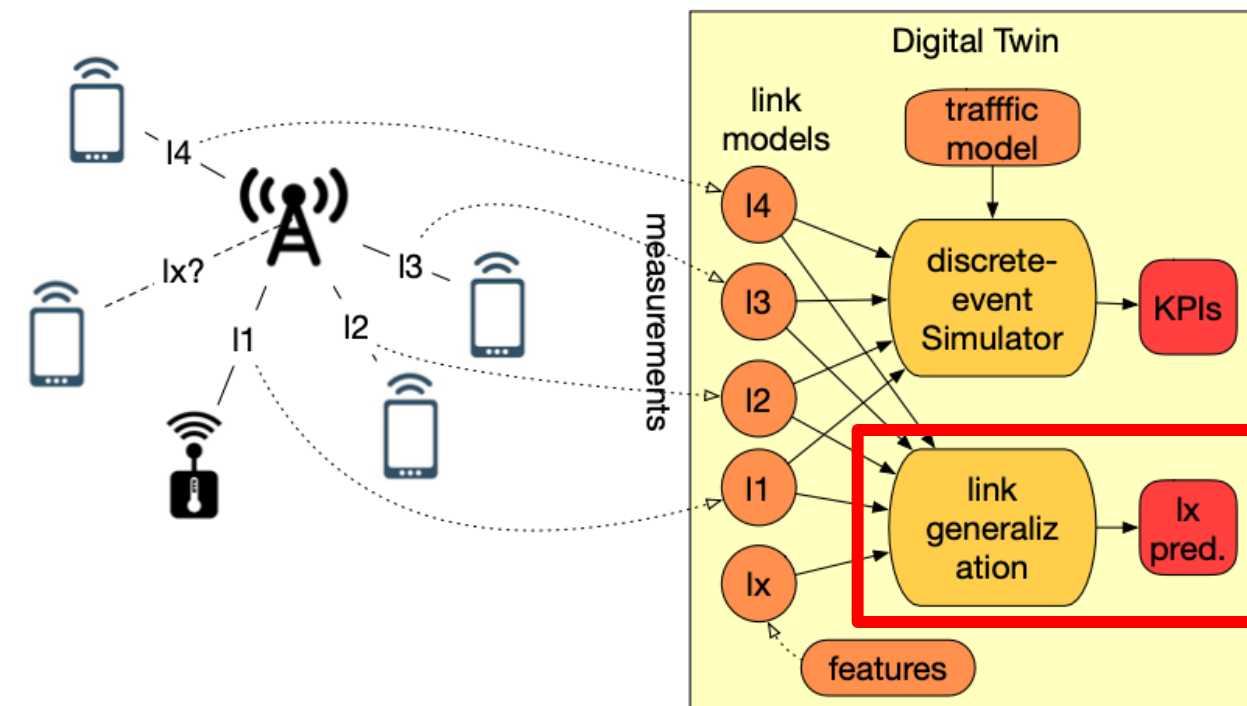
❖ **Objectif :** Optimisation du réseau selon l'évolution de l'environnement

❖ **Problématique :**

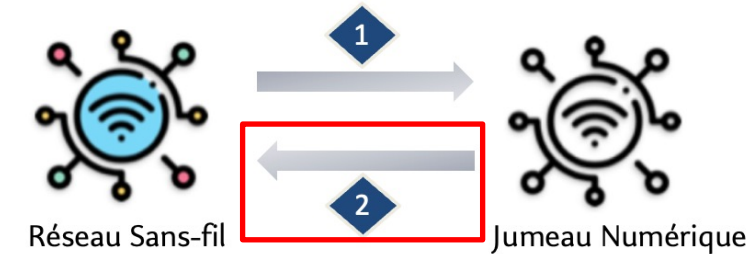
- Comment assurer la précision des modèles pour des scénarios inexplorés ?
  - *What-if* scenarios (protocole, topologie, etc. différents)

❖ **Verrou scientifique :**

- **Difficulté de généralisation précise** des modèles de simulation
  - Relations complexes entre topologie, trafic, etc.



# Projet de Recherche



2

## Axe 2 : Optimisation de réseaux sans-fil à l'aide de jumeaux numériques

### ❖ Approche :

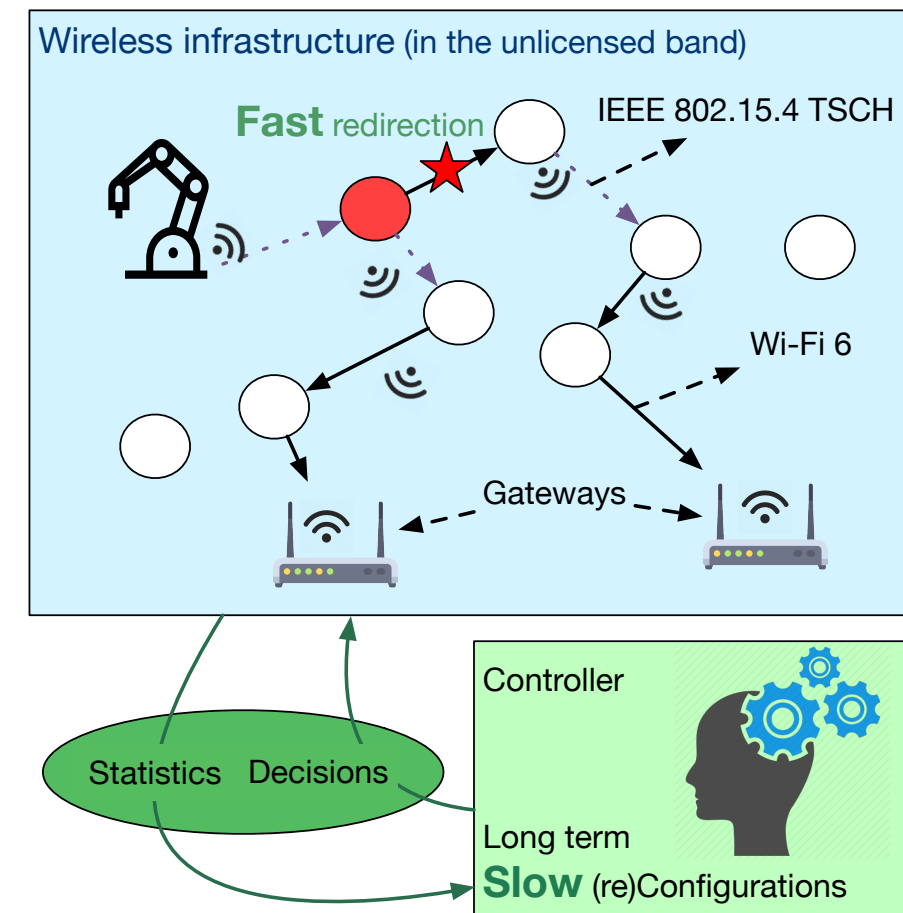
- Création de modèles **agnostiques** à travers des campagnes de mesures

### ❖ Originalité :

- ✓ **Optimisation** continue et **multi-couches**  
→ Changement de protocole à la volée, topologie etc.

### ❖ Défis scientifiques :

- Limites des modèles de prédiction  
→ **Généralisation de domaines/Transfer Learning** [6,7]
- Déclenchement de reconfigurations  
→ Détection d'instabilité, gains/coût, etc.



[6] G. Blanchard et al., Generalizing from several related classification tasks to a new unlabeled sample. Advances in neural information processing systems (2011).

[7] M. Akrouf et al., Domain Generalization in Machine Learning Models for Wireless Communications: Concepts, State-of-the-Art, and Open Issues. IEEE Comm. Surveys & Tutorials (2023).

# Intégration au CRAN / Équipe ARN

## ❖ Convergence des thématiques de recherche

- Évaluation de performances des réseaux (L. Louail)
- Jumeaux numériques (M. Maimour, N. Krommenacker)
  - Participation à la rédaction d'un projet ANR commun entre ICube et le CRAN

## ❖ Apport personnel

- a) Compétences en simulation, expérimentation et approches orientées données
- b) Nombreuses collaborations académiques internationales (UW, UB, UMA)
- c) Participation à l'initiation de nouveaux axes de recherche

## ❖ Synergies au département MPSI

- Équipe « Système et Objets Intelligents en Interactions » (P. Charpentier)
  - Métrologie, méthodes formelles

## ❖ Écosystème à Nancy

- Collaboration avec Orange (Plateforme Thing'In)

# Récapitulatif de Candidature

- ❖ **Projet :** Jumeaux Numériques pour des Réseaux Sans-fil Optimisés
- ❖ **Équipe :** ARN

## Publications Int.

- 4 Journaux
- 5 Conférences + 3 en cours de soumission
- 1 Demo

## Transfert technologique

- SIFRAN – StackNet
- WT-Tool

## Encadrement/Enseignement

- **1 Doctorat** (depuis Nov. 2024)
- 1 Stage M1
- 1 Stage L2
- 5 TER (M1)
- **157h (CM/TD/TP)**

## TPC & Reviews

- **TPC:** IEEE ISCC 2024/2025, ICNP (Posters/Demos), IEEE VTC 2025
- **Reviews:** IEEE Comm. Magazine, IEEE Access, ICC, ICNC, ITU Journal of FET, Adhoc Net. Computer Net., Computer Comm.

## Collaborations Internationales



University of Waterloo, Canada



University at Buffalo, USA



Universidad de Màlaga, Espagne

***Merci pour votre attention***

# Annexes

# Parcours Académique + Contributions



2015 – 2020



**Ingénieur + Master 2 en Informatique**

**Supervision :** Pr. Yacine Challal, Pr. Karima Benatchba

Janvier – Juin 2020



**Stage de Recherche**

**Supervision :** Pr. Adlen Ksentini

**Contribution :** Optimisation de vols de Drones sur des Réseaux 5G

- 1 IEEE GLOBECOM
- 1 IEEE VTM

2020 – 2023



**Doctorat en Informatique (10/2023)**

**Supervision :** Pr. Thomas Begin,  
Pr. Isabelle Guérin Lassous, Dr. Pascale Vicat-Blanc

**Contributions :**

- Sélection multicritère de Technologies Réseau
- Calibrage de modèles de simulation

- 1 IEEE ICCCN
- 1 ACM LANC
- 1 IEEE ICC
- 1 Elsevier IoT Journal
- **1 Elsevier FGCS Journal**

Juin – Août 2023



**Mobilité Internationale**

**Supervision :** Pr. Catherine Rosenberg

**Contribution :** Étude de techniques de localisation en 5G

- **1 IEEE IoT Journal**

Novembre 2023 –



**Postdoctorat**

**Supervision :** Dr. Fabrice Théoleyre

**Contribution :** Jumeaux numériques de réseaux sans-fil

- 1 CloT (demo)
- 1 AINA
- **1 MSWiM (und. sub.)**

# Collaborations internationales



## University of Waterloo (Canada)

- ❖ Multi-Armed Bandits pour l'optimisation OFDMA dans les réseaux Wi-Fi 6

Prof. Catherine Rosenberg



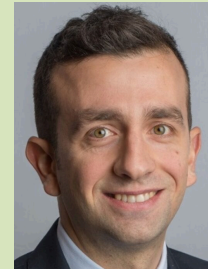
Dr. Maryam Amini



## University at Buffalo (USA)

- ❖ Simulation no-code de topologies réseau sans-fil
- ❖ Impact de la communication sur l'optimisation distribuée

Dr. Filippo Malandra



Dr. Adedoyin Inaolaji



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

## Universidad de Málaga (Espagne)

- ❖ Sécurité dans les jumeaux numériques des réseaux
- ❖ Invité à un séjour de recherche de 2 semaines

Dr. Cristina Alcaraz



Prof. Javier Lopez