

**Institut Pascal – ISPR / équipe DREAM**

**Directeur de thèse : François BERRY (PR), francois.berry@uca.fr**  
**Co-encadrant : François DELOBEL (MCF), francois.delobel@uca.fr**

**Titre du sujet de thèse : IA fédérative sur un réseau de caméras intelligentes sans fil reconfigurables dynamiquement**

Avec la prolifération des capteurs visuels intelligents, les réseaux de caméras sans fil deviennent un domaine de recherche essentiel pour de nombreuses applications, telles que la surveillance, la reconnaissance d'objets et l'analyse de scènes en temps réel. Cependant, l'optimisation du traitement des données et de leur transmission reste un défi majeur en raison des contraintes de bande passante, de consommation d'énergie et de capacité de calcul des capteurs embarqués. Dans une logique de frugalité, cette thèse explore des mécanismes de gestion efficiente des ressources et propose une architecture distribuée reposant sur la blockchain et l'intelligence artificielle fédérative afin d'optimiser les échanges d'informations dans le réseau. Pour garantir la confidentialité et préserver la vie privée des individus, les caméras utilisées sont de très basse résolution (32x32 pixels), réduisant ainsi le risque d'identification tout en assurant une collecte d'informations pertinentes pour les applications visées. Ces caméras sont déjà existantes et sont composées d'un capteur basse résolution, d'un capteur analogique PIR, d'un petit FPGA (Max10 - Low cost et low power) et d'un ESP32-C6 pour la gestion de la communication en réseau via Bluetooth.

### *Problématique*

L'utilisation de caméras sans fil dans un environnement dynamique impose des exigences contradictoires. D'une part, il est nécessaire de capturer et d'analyser des données pour garantir une précision optimale. D'autre part, il faut minimiser la consommation énergétique et la latence de transmission. L'adoption de caméras de très basse résolution permet de réduire la charge de traitement et d'améliorer la transmission des données tout en garantissant la confidentialité des personnes filmées. L'architecture matérielle existante, reposant sur un petit FPGA (Max10 - Low cost et low power) et un ESP32 pour la gestion de la communication en Bluetooth, impose des contraintes supplémentaires en termes d'optimisation des traitements embarqués et d'efficacité du protocole d'échange d'informations.

En adoptant une approche frugale et décentralisée, nous proposons d'explorer comment une réallocation dynamique des ressources matérielles et logicielles, combinée à une gouvernance des données par blockchain et une implémentation d'intelligence artificielle fédérative, peut améliorer l'efficacité du système. L'IA fédérative permettra d'entraîner des modèles de traitement sans nécessiter de centralisation des données, garantissant ainsi une confidentialité accrue tout en améliorant la performance du réseau.

### *Objectifs de la recherche*

L'objectif principal de cette thèse est de concevoir un système de réseau de caméras sans fil capable d'optimiser le traitement des données à l'aide de circuits reconfigurables qui ajustent dynamiquement leur architecture afin de réduire la charge de calcul et la consommation énergétique. En intégrant une infrastructure blockchain privée et une approche d'IA fédérative, ce système permettra une gestion plus sûre et décentralisée des données capturées. L'IA fédérative assurera un apprentissage collaboratif entre les caméras tout en préservant la confidentialité des données brutes. La transmission de l'information dans le réseau Bluetooth sera optimisée en fonction des contraintes de bande passante, en assurant une authentification et une intégrité accrues grâce à la blockchain. L'utilisation de caméras de basse résolution, couplée à une blockchain dédiée et une approche IA distribuée, garantira une collecte de données pertinente, tout en réduisant la charge de calcul et en renforçant la confidentialité des flux vidéo.

### *Approche méthodologique*

La recherche s'appuiera sur une approche hybride combinant modélisation théorique, simulations et implémentations pratiques. La conception et la simulation de circuits reconfigurables seront menées afin d'optimiser le traitement des données capturées par les caméras. Un prototype intégrant une architecture de traitement flexible sera mis en place et testé sur un réseau de caméras sans fil utilisant Bluetooth comme protocole de communication. Une blockchain dédiée sera déployée pour la validation et la gestion des échanges d'informations. L'IA fédérative sera mise en œuvre pour permettre aux caméras d'apprendre collectivement à partir de leurs propres observations, sans partage direct des données brutes. L'évaluation des performances du système portera sur la consommation énergétique, la latence de transmission, la précision des traitements IA et la qualité des données échangées.

### *Impact et contributions attendues*

Cette thèse contribuera à l'évolution des réseaux de capteurs visuels intelligents en proposant une solution adaptative, énergétiquement efficace et décentralisée. L'intégration d'une blockchain optimisera la sécurité et la traçabilité des données tout en garantissant un mode de communication distribué. L'ajout d'une intelligence artificielle fédérative permettra d'optimiser les traitements locaux tout en évitant la centralisation des données, répondant ainsi aux préoccupations de confidentialité et de consommation énergétique. L'utilisation de caméras de très basse résolution constituera un atout supplémentaire en permettant une gestion plus responsable des données visuelles et une réduction des risques d'atteinte à la vie privée. L'optimisation du protocole Bluetooth pour les échanges d'informations entre les caméras et l'infrastructure blockchain sera également une avancée clé. Cette approche ouvrira la voie à des applications variées, allant de la surveillance à la reconnaissance d'objets autonomes, dans un contexte de frugalité et de réduction des coûts matériels et énergétiques.

### *Conclusion*

L'intégration d'architectures reconfigurables dans les réseaux de caméras sans fil, couplée à une blockchain dédiée et à une IA fédérative, représente une avancée majeure pour l'optimisation du traitement et de la transmission des données. L'utilisation de caméras de très basse résolution permet de concilier performance et respect de la vie privée, tout en réduisant la charge énergétique du système. En exploitant un réseau Bluetooth pour l'échange des données et en intégrant un système de blockchain sécurisé et d'IA distribuée, cette thèse apportera une solution innovante et efficace pour répondre aux défis posés par ces systèmes, tout en ouvrant de nouvelles perspectives pour les technologies embarquées.