

**Présentation des activités de recherche
dans le cadre d'une collaboration avec
l'équipe SDO – LARIS**

LES RESEAUX D'OBJETS CONNECTES
**Optimisation de performances pour les
applications futures**

Dr. Sofiane HAMRIOUI

Enseignant Chercheur En cybersécurité en IoE, ESAIP

10/09/2021

Parcours

- **Formations**
- **Postes occupés**
- **Recherche**

La recherche à l'ESAIP

Axes de recherche en cours

- ❑ **Double qualification** aux fonctions de MCF, **Section 61** (obtenue 2017) et **Section 27** (obtenue 2015 et renouvelée 2020), CNU, France
- ❑ **Doctorat en Informatique**, codirection entre Laboratoire de Recherche en Informatique (LARI) Univ. de Tizi Ouzou, (UMMTO), Algérie et Groupe de Recherche en Réseaux et Télécommunications de Colmar (GRTC), Univ. Haute Alsace (UHA), France (Avril 2014)
 - **Thème de recherche** : Incidence(s) de l'amélioration des interactions entre les protocoles Transport – MAC et Routage – MAC sur la performance d'un réseau ad hoc mobile.
- ❑ **Magister en Informatique**, UMMTO, Algérie (Septembre 2007)
 - **Thème de recherche** : Interaction entre le protocole MAC et les protocoles des couches hautes (Routage et Transport) pour l'optimisation de la performance dans un réseau ad hoc mobile
- ❑ **Ingénieur d'état en Informatique**, UMMTO, Algérie (Octobre 2004)
 - **Thème** : Gestion de mobilité dans les environnements mobiles IP

- ❑ **Enseignant-Chercheur Cybersécurité et IoE, école d'Ingénieurs ESAIP (depuis septembre 2020)**
 - Pilote du parcours Ingénieurs Informatique et Réseaux par Apprentissage
 - Référent de la mineure Territoire Intelligent
 - Pilote et Coordinateur du projet Territoire Intelligent (en partenariat avec 7 communes d'Angers Loire Métropole)
- ❑ **MCF associé, école d'Ingénieurs Polytechniques, Université de Nantes (septembre 2017 – Aout 2020)**
 - Formation par apprentissage SRT (Systèmes, Réseaux et Télécommunications)
 - Responsable de la troisième année et des matières Informatiques/réseaux
 - Membre de l'équipe SYSCOM (SYStems COMmunication) du laboratoire IETR (Institut d'Électronique et de Télécommunications de Rennes)
- ❑ **ATER, UHA, France (septembre 2015 – aout 2017)**
 - MIAGE (Méthodes Informatiques Appliquées à la Gestion des Entreprises) de Mulhouse
 - Membre de l'équipe MAGE (Mathématiques, Algorithmiques et Géométrie) du Laboratoire de Mathématiques, Informatique et Applications (LMIA)
- ❑ **Chercheur doctorant, (GRTC), IUT de Colmar (UHA), France (septembre 2012 – avril 2014)**
- ❑ **MCF, Université d'Alger, (USTHB), Algérie (mai 2014 aout - aout 2015)**
- ❑ **Enseignant MA, Université d'Alger, (USTHB), Algérie (septembre 2008 – aout 2012)**
- ❑ **Membre chercheur, Laboratoire LARI, UMMTO), Algérie (2005 – 2015)**
- ❑ **Enseignant vacataire, plusieurs établissements publics et privés, Algérie (2004 –2008)**

- ❑ **Réseaux de communication sans fil** (ad hoc mobiles, de capteurs sans fil, IdO d'objets connectés, à grande mobilité, LPWAN, etc)
- ❑ **Solutions pour des communications efficaces/évolutives, algorithmes d'auto-configuration et d'auto-organisation, techniques pour le control intelligent et la sécurité** (Phy, MAC, Routage, transport, cross-layer)
- ❑ **Amélioration de leurs performances** (QoS, efficacité énergétique, mobilité, passage à l'échelle, gestion des données, adaptabilité, sécurité, tolérance aux pannes, etc)
- ❑ **Techniques diverses** (analyse, modélisation, optimisation, probabilités, théorie des graphes, géométrie, bio-inspirée, connaissances, test, simulation, validation, etc)
 - **01** co-direction de thèses de doctorat et **plusieurs** projets Master/Ing recherche et R&D
 - **02** livres et **02** chapitres de livres (**Elsevier, IGI Global**)
 - **25** articles dans des journaux internationaux (**IEEE Network (Q1), WSN (IET, Q2), T&e-H (Mary Ann Liebert, Q1), JMS (Springer, Q2), IJCS (Wiley, Q2), JTS (Springer, Q2), IJWMC (Q2), sensors (mdpi, Q2), etc**)
 - **40** articles dans des conférences internationales et nationales (**IEEE ICC (B), IEEE Globecom (B)**)
- ❑ **Responsabilités collectives** : Collaborations nationales et internationales, projets de recherche universitaires, organisation et participation aux évènements, évaluation de papiers, etc

CERADE Cellule Innov'ESAIP



Axe thématique IR

Equipe IR-IACC

- Développement des solutions numériques responsables
- Diagnostique Cyber et technique de l'IA
- Sécurisation des échanges de données via les réseaux et systèmes de communication

Axe thématique Pédagogie

Equipe PAACT

- Accompagnement à la transformation de l'enseignement
- Pédagogie active et approches cognitives

Axe thématique GRE

Equipe GRINEEC

- Gestion des risques
- Economie circulaire et RSE
- Environnement -évaluation de l'état écologique

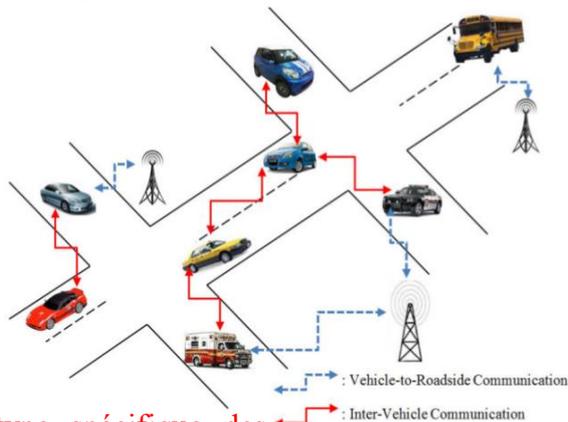
Axes de recherche (actuels)

Contexte

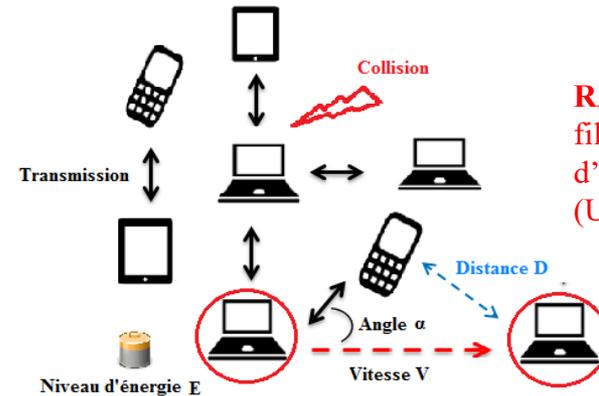
- Différents Familles de Réseaux d'Objets Communicants - ROCs (de capteurs, IdO, VANETs, IdTC, LPWAN, ...) → systèmes dynamiques avec des changements fréquents (mobilité, ressources, facteurs de communications, etc)



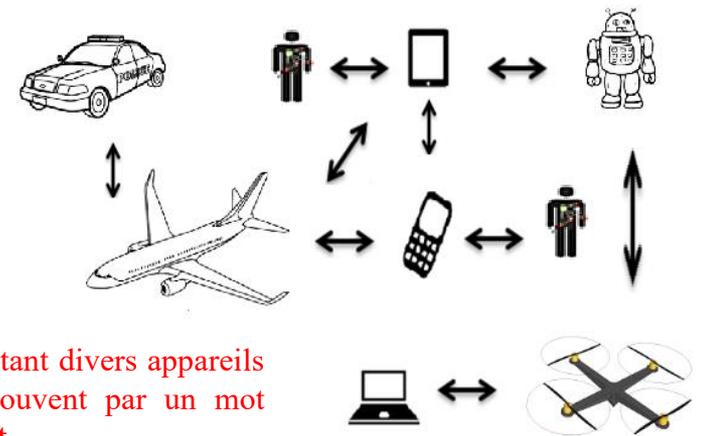
RCSFs : Réseau sans fil composé d'un ensemble d'unités de traitements de données (capteurs)



VANETs : Un type spécifique des RAMs, composés de véhicules et des équipements de communication relais (RSU = Road Side Unit)



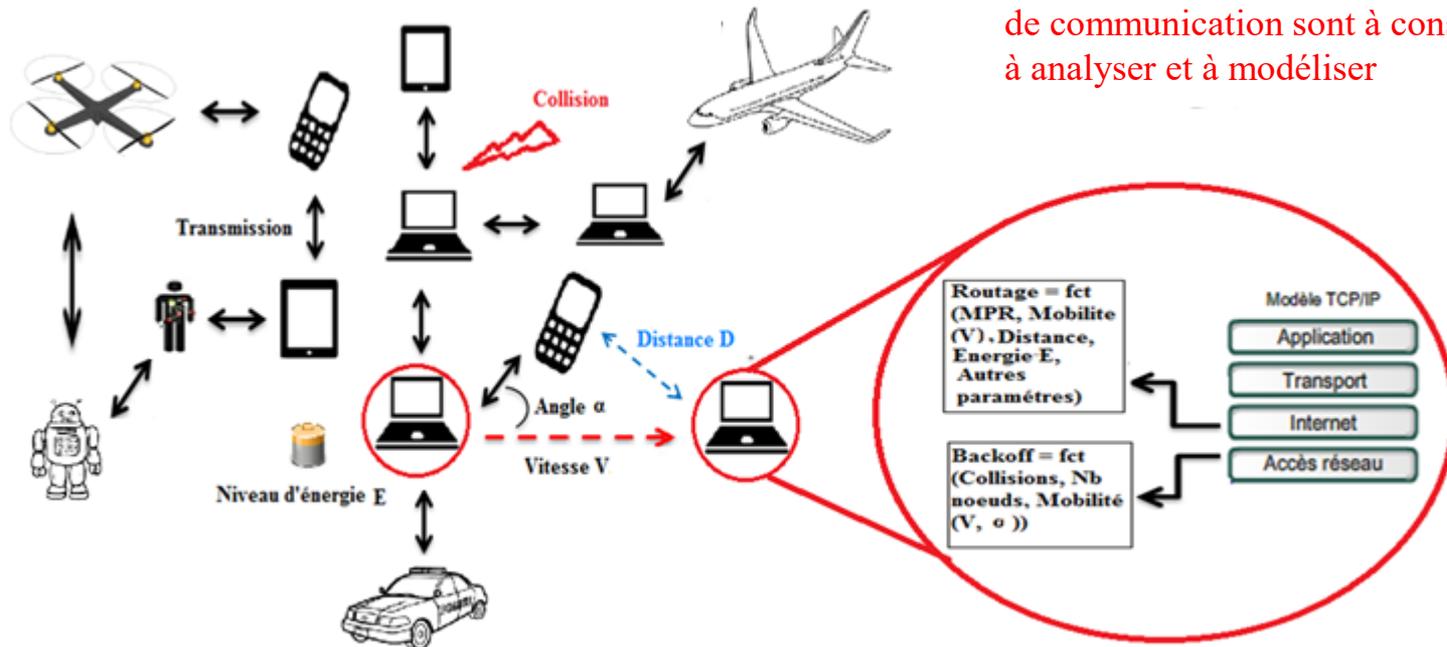
RAMs : Réseaux sans fil ad hoc formés d'unités mobiles (UMs)



ROCs/IdO : Réseau connectant divers appareils et équipements, désignés souvent par un mot plus générique qui est l'objet

□ Architectures et algorithmes de communication efficaces et évolutifs pour une meilleure QoS dans les ROCs

- Gestion efficace des accès aux ressources et contrôle d'interférences (collisions) entre données
- Transport et contrôle de flux, évitement de congestion et fiabilité des données
- Routage évolutif et gestion de la mobilité



→ Les paramètres de environnement de communication sont à considérer, à analyser et à modéliser

→ Prise en compte des paramètres de communication dans les mécanismes importants des couches

→ Influence des collisions et de la mobilité (la vitesse W_i et de l'angle α_i)

$$CW_{max}(n, W_i, \alpha_i) = CW_{max0} + F(n) * L(W_i, \alpha_i)$$

□ Prise en compte de l'influence du nombre d'objets sur les collisions :

$$CW_{max}(n) = F(n) = \gamma \log(n)$$

n : représente le nombre de mobiles employées dans le scénario ;

γ : est une constante réelle dont la valeur est déterminée selon la nature des objets.

□ Prise en compte de l'influence de la mobilité sur les collisions :

▪ Deux facteurs qui déterminent le degré de l'impact de la mobilité sur les pertes de paquets :

α_i : l'angle entre la direction de communication (i, j) et la direction du mouvement du mobile i ;

W_i : la vitesse du mobile i .

Impact de la vitesse W_i et de l'angle α

$$H(W_i) = \begin{cases} 1 & \text{Si } W_i = 0 \\ \log(W_i) & \text{Sinon} \end{cases}$$

$$G(W_i, \alpha_i) = \begin{cases} 1 & \text{Si } W_i = 0 \\ 1 & \text{Si } -\Pi/4 \leq \alpha_i \leq \Pi/4 \\ \sqrt{W_i} & \text{Sinon} \end{cases}$$

- ❑ Prise en compte de l'influence de la distance entre les objets et de leur mobilité dans le choix de la meilleure route :

$$F(M_i, D_i) = \frac{M_i + D_i}{\alpha \sum_{j=1}^N D_j + \beta \sum_{j=1}^N M_j} \quad D_i = \sum_{j=1}^{N-1} \frac{d_{i,j}}{N}$$

F donne Le rapport entre l'énergie consommée localement et globalement.

M_i : vitesse de mobilité du mobile i ;

D_i : distance moyenne entre le mobile i et ses communicants.

α et β sont utilisés pour rendre l'un des paramètres plus important que l'autre et ca selon le cas d'application du réseau dynamique

- ❑ Prise en compte de l'influence des autres paramètres de communication :

$$G_i = \frac{\sum_{j=1}^L V_j}{L} \quad V_j = \begin{cases} 1 & \text{si le paramètre } P_j \text{ participe à la dissipation rapide de l'énergie} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

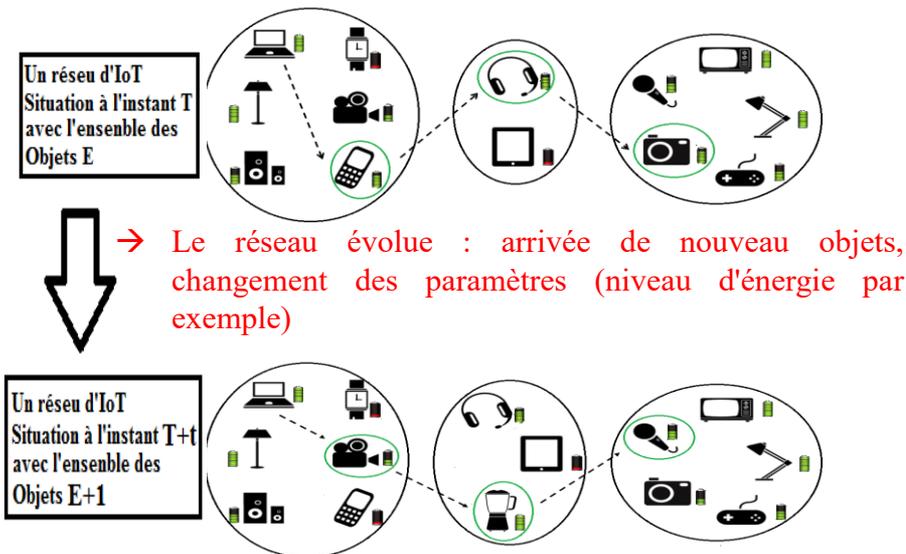
L : le nombre de paramètres influant l'environnement de communication

→ Nouveau seuil d'équité d'énergie S (à utiliser par les MPR)

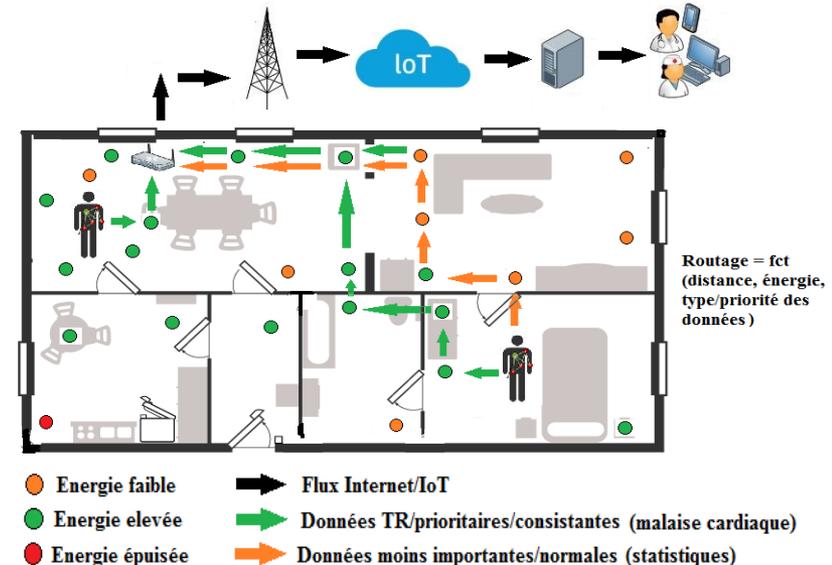
$$S(M_i, D_i, V_i) = F(M_i, D_i) + G_i$$

□ Algorithmes d'auto-configuration, d'auto-organisation, de gestion des données et exploitation des techniques BigData

- La permutation de rôles, le changement de positions et la continuité de service
- Tolérance aux pannes et exploitation de l'expérience/l'historique
- Adaptation aux situations du réseau/aux formes des objets, la gestion des données et exploitation des techniques de BigData



- Les éléments du réseau s'organisent afin d'assurer la continuité de service : élection d'un nouveau chef dans chaque groupe en intégrant les nouveaux objets et prise en compte de la nouvelle situation du réseau



- La prise en compte des paramètres des capteurs, des liens et ceux des données dans la détermination de la nouvelle configuration du transport et du routage

Fig. 2 auto-organisation dans les ROCIs (appliqués à la maison intelligente)

Fig. 3 auto-configuration dans les ROCIs (appliqués à l'e-santé)

- ❑ Les objets sont organisés en ensembles (CRS, R) / R est le chef ;
- ❑ E est un évènement qui provoque un changement dans le niveau d'énergie pour R
- ❑ Une valeur V est calculée pour R à la production de chaque E comme suit :

$$V_i = \begin{cases} V_{i-1}^n & \text{If } V_{i-1} \leq S_{cri} \\ n V_{i-1} & \text{If } S_{cri} \leq V_{i-1} \leq S_{min} \\ V_{i-1} + n & \text{Else} \end{cases}$$

- n : Le nombre de fois que l'évènement E est détecté ;
- S_{min} : Le seuil d'énergie minimum ;
- S_{cri} : Le seuil d'énergie critique

- ❑ La répartition des tâches et des rôles se fera selon la valeur V_i en plus d'autres tels que la distance entre objets et l'énergie restante.

- ❑ Prise en compte du rapport entre le type de la donnée et l'évolution de l'énergie
- ❑ Une fonction d'équité F est utilisé par le protocole de routage
- ❑ En plus de la distance (D), de l'Energie (E), le type (classe) de la donné et de sa priorité sont à considérer :

$$C_{k=1..4} \in \{\text{Text, Image, Audio, Video}\} / C_4 = \text{Video}$$

$$P_{m=1..3} \in \{\text{low, medium, high}\} / P_3 = \text{High}$$

→ Une fonction clé c 'est :

$$F_i = \begin{cases} \text{True} & \text{if } S_i < \beta E_i \\ \text{False} & \text{else} \end{cases} \quad \text{Avec} \quad S_i = (m e^k + D_i) / E_{\text{total}}$$

S_i est calculé à chaque fois qu'il y a changement de classe ou de priorité;

β est utilisé pour prendre en compte d'autres paramètres, dans le cas idéal il est égal à 1

□ Algorithmes pour sécuriser les ROCs et les rendre intelligents

- Exploitation des techniques d'intelligence artificielle, la gestion des connaissances et la prise de décision
- Sécurité des applications ROCs et protection des données
- Exploitation et intégration de nouvelles techniques de modélisation et d'optimisation

→ Le réseau évolue, : défaillance (pannes), mobilité, ressources qui deviennent indisponibles ou insuffisantes, ...

→ Exploitation des techniques de modélisation (géométrie) pour la détermination de la forme de zone non couverte

→ Résolution du problème de couverture avec optimisation de la mobilité et la portée

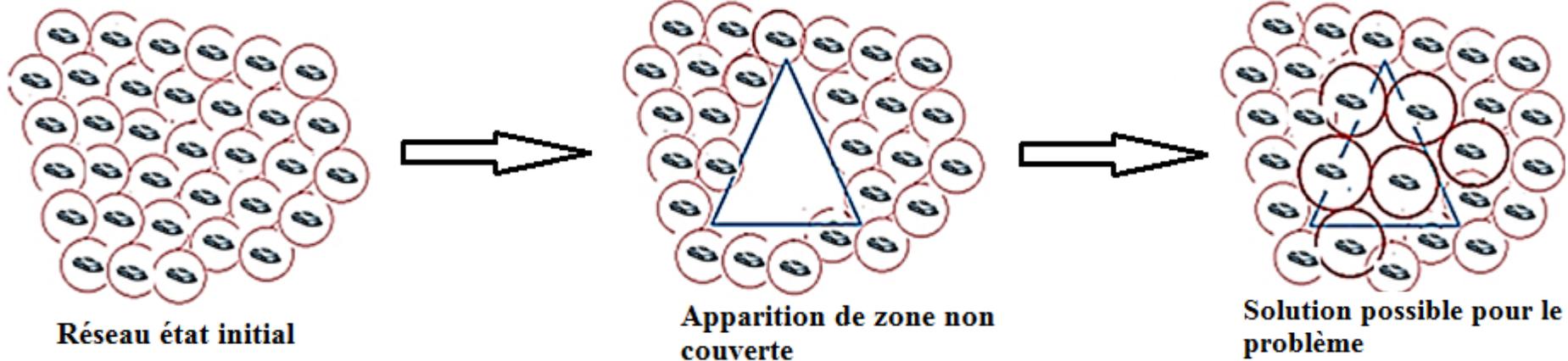
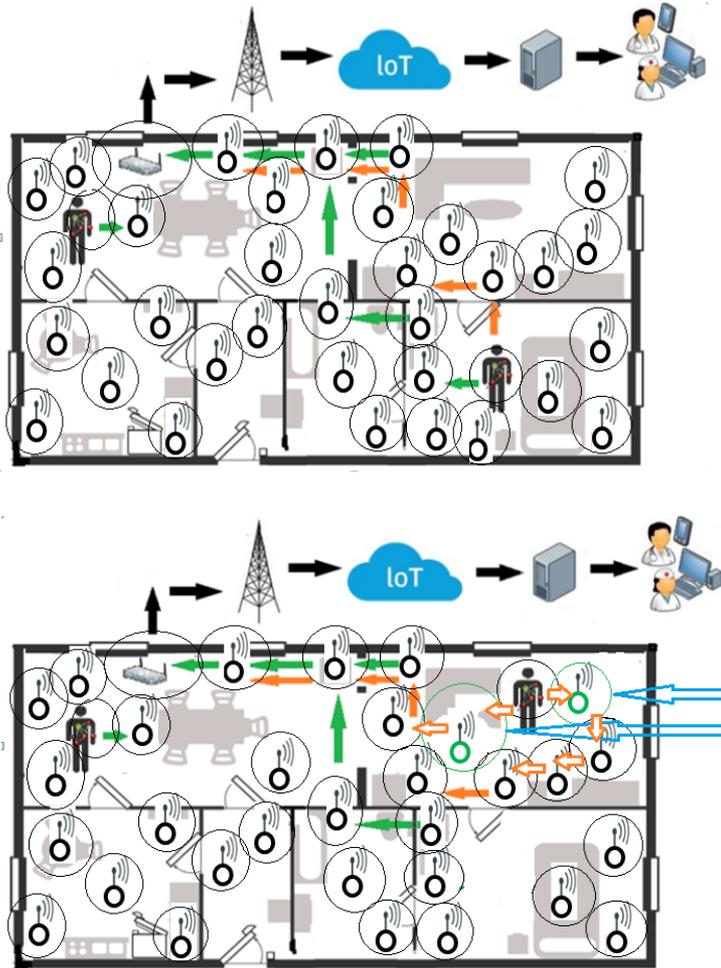


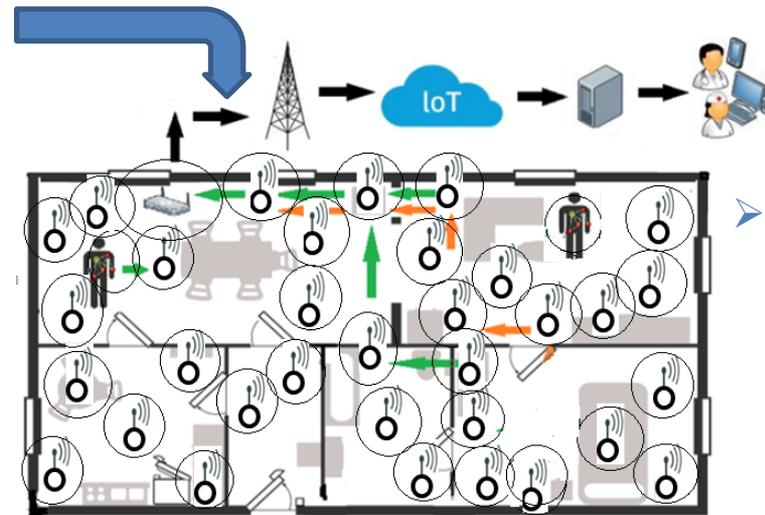
Fig. 4 : Exemple d'exploitation des techniques de géométrie et d'optimisation dans les ROCs

Techniques et méthodes pour la sécurité et le control intelligent dans le réseau



Situation finale recherchée

➤ Le réseau évolue : défaillance (pannes) des équipements + mobilité des patients



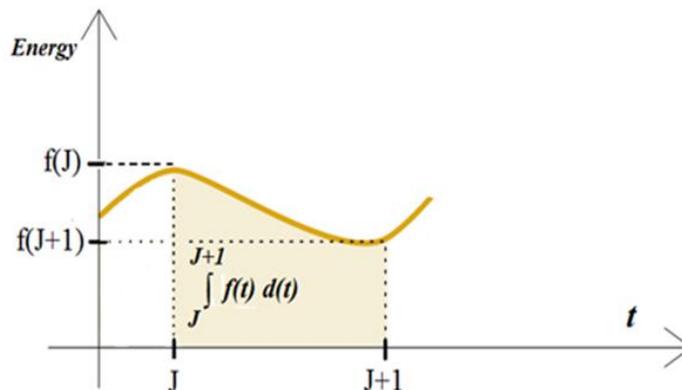
Situation à $t + \alpha$

➤ Apparition des zones non couvertes dans le réseau (maison)



➤ Un contrôle intelligent de la topologie du réseau (couverture)

- ❑ Quatre classes de données sont distinguées :
 C_1 pour Video, C_2 pour Audio, C_3 pour Image et C_4 pour Text.
- ❑ Une priorité P_k est attribuée pour chaque classe C_k :
 $P_k = \{1 \text{ for text, } 2 \text{ for image, } 3 \text{ for audio, } 4 \text{ for video}\};$
- ❑ Prise en compte de l'historique en consommation d'énergie :



$$HE_{j,j+1} = \int_J^{J+1} f(t) d(t)$$

→ Entre j et $j+1$, le capteur (l'objet) en question a traité la même classe de donnée.

- ❑ Prise en compte du nombre de fois que ce dernier change de classe, N , et la somme des priorités de toutes classes précédentes P_T .

- Autres paramètres influençant la communication :

$$PR = PR_0 + \sum_{k=1 \text{ to } M} PR_k \quad PR_k = \begin{cases} +1 & \text{if P participates in the rapid dissipation} \\ & \text{of the energy} \\ 0 & \text{Else} \end{cases}$$

M : le nombre de paramètres pris en considération.

- Un seuil d'énergie S_i est défini comme suit :

$$S_i = [P_T * (e^N / HE_{jj+1})] + 1/PR$$

Avec P_T est la priorité du paquet actuel et N est le nombre de fois que l'objet en question a reçu des paquets avec des priorités différentes (par rapport au précédent paquet)

Ce seuil S_i est comparé au niveau d'énergie de l'objet, et ce pour savoir si il est en mesure de continuer à participer dans le routage ou non.

- ❑ L'objectif ici est d'utiliser des techniques de modélisation en s'inspirant des insectes et espèces biologiques intelligentes
- ❑ Nous pouvons citer l'exemple du comportement des fourmis adapté au contexte des environnements IoT
- ❑ La méthode particulièrement intéressante pour le problème de routage rencontré par les communications IoT est le système de fourmis
- ❑ Un facteur d'efficacité est attribué pour chaque route possible (l'équivalent de la quantité du phéromone pour les fourmis)

$$F_G((p,q),t_q) = \frac{F_S((p,q),t_q)^\alpha * F_E((p,q),t_q)^\beta * Lg(p,q)^\gamma}{\sum_{i=1}^M \left[F_S((p,q),t_q)^\alpha * F_E((p,q),t_q)^\beta * Lg(p,q)^\gamma \right]}$$

- t_q est l'instant où le paquet P_k arrive à destination q
- M est le nombre de liens (chemins) possibles entre les nœuds p et q ,
- a, b, g sont les constantes utilisées pour augmenter ou diminuer l'effet de la facteurs
- F_s, F_e et L_g respectivement les facteurs de stabilité du lien, d'efficacité énergétique des objets et la longueur de la route.

- ❑ Adaptation et optimisation des ROCs pour une meilleure supervision des différents réseaux industriels (exemple de l'Energétique dans l'exemple ci-dessous)
- ❑ Techniques pour mesurer la QoS à partir des flux de données est collectés et transmis aux superviseurs

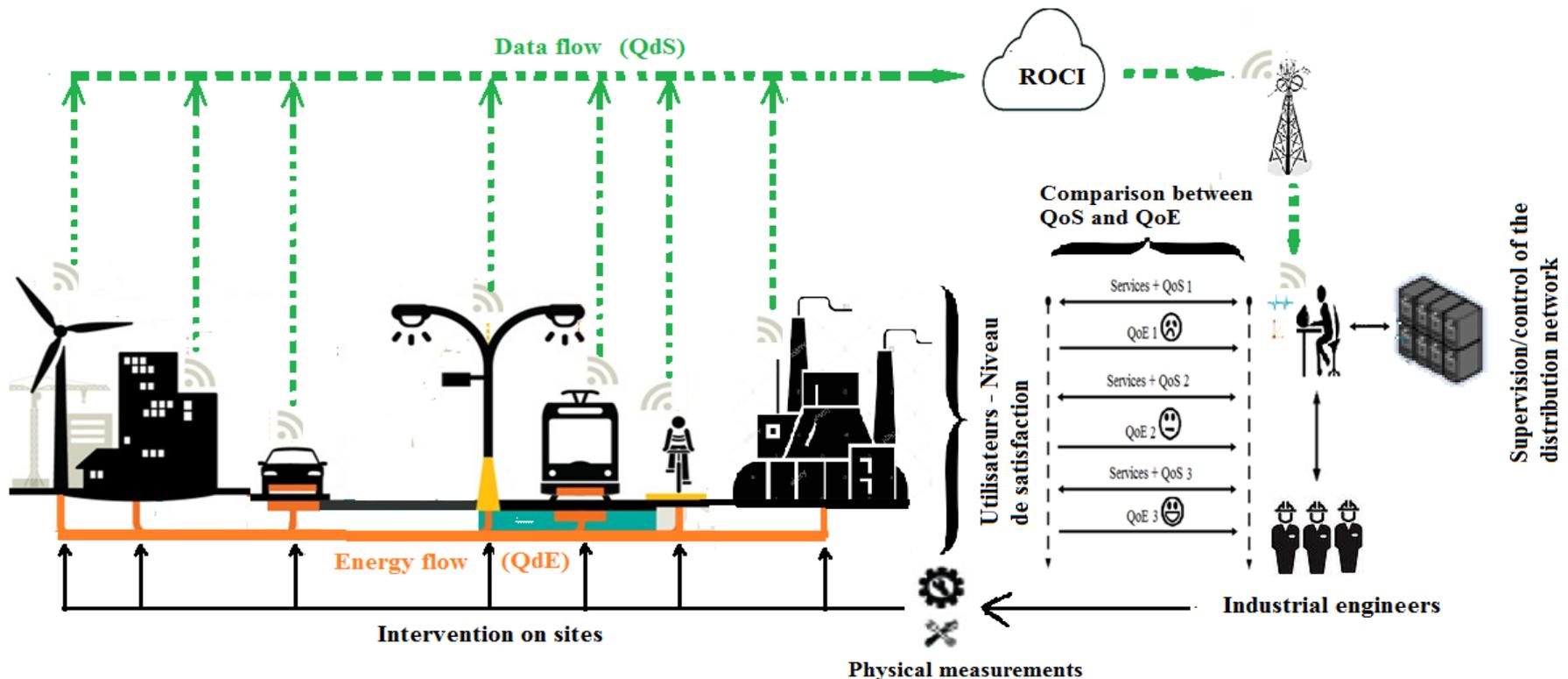


Fig. 6 : Application et optimisation des ROCs pour l'Industrie du futur

- ❑ La proposition d'outils, de techniques et d'algorithmes dédiés pour mesurer la satisfaction des utilisateurs / consommateurs (calcul QoE)
- ❑ Rapprochement entre QoS et QoE

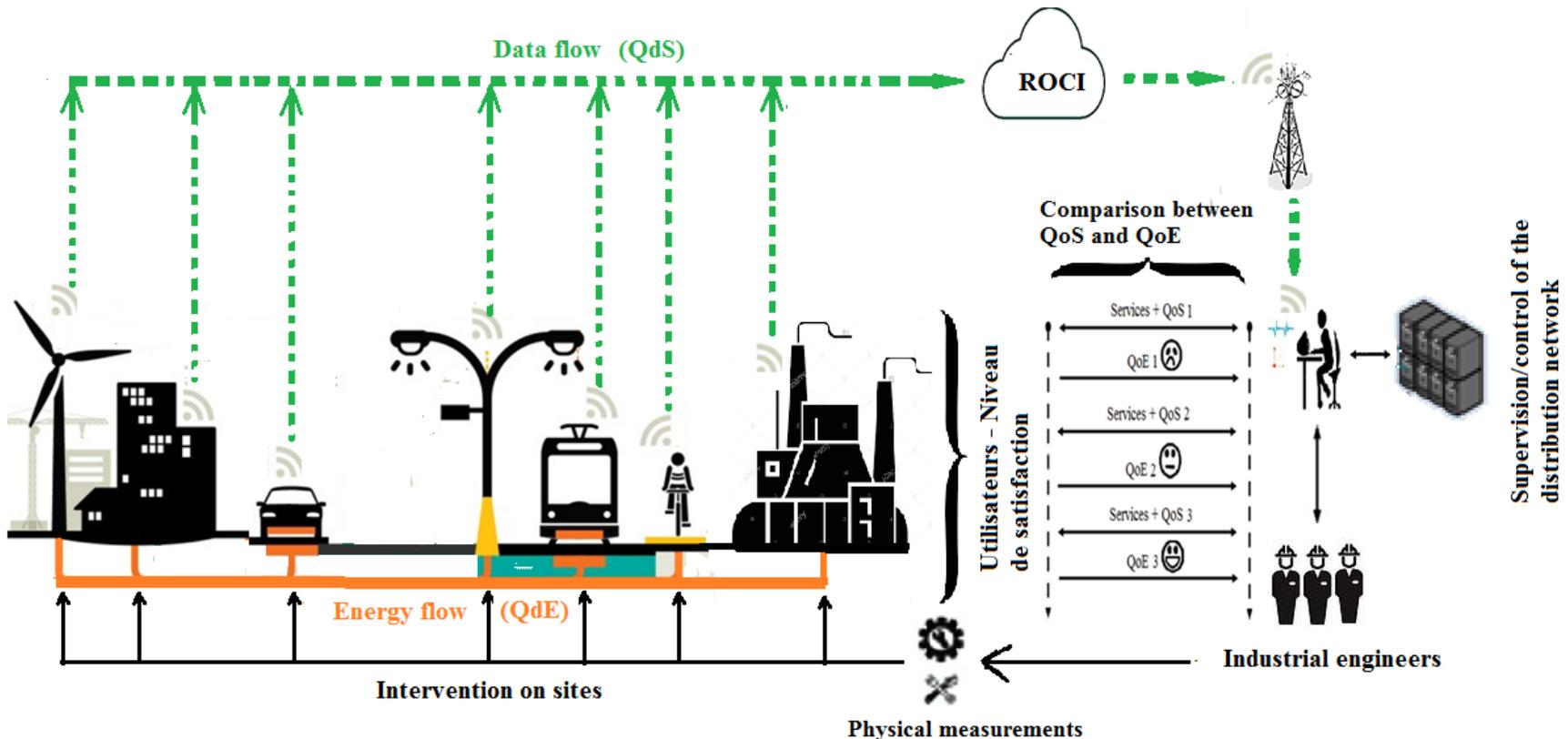


Fig. 6 : Application et optimisation des ROCs pour l'Industrie du futur

- ❑ Optimisation des protocoles des couches basses pour réduire les retransmissions
- ❑ Proposition de mécanismes pour la sûreté et la sécurité de la donnée communiquée (agrégation, segmentation, jumping, ..)
- ❑ Mise en place de modèles et de stratégies de cybersécurité (approches économiques, recherche opérationnelle, etc)

Les attaques contre les objets connectés eux-mêmes



Attaques commises par le biais d'objets connectés

Les attaques contre les réseaux et protocoles de communication de l'IoT

- ❑ Des moyens de communication qui deviennent de plus en plus indispensables pour tous les secteurs d'activités
- ❑ La montée des exigences des utilisateurs en termes de la qualité des services sollicités et de leurs modernisation (sécurité, bigdata, datamining, cloud, intelligence, etc)
- **Assurer l'efficacité de tous les éléments de ces réseaux** : architectures, protocoles et algorithmes de communication, ressources, données, etc
- ❑ **Projets nationaux ou internationaux** :
 - Véhicules et usines du futur
 - Systèmes de transport intelligents
 - Cités et villes intelligentes
 - E-Santé

MERCI 😊



Pour me contacter :

shamrioui@esaip.org

+33 2 41 96 65 38

Vous pouvez me retrouver aussi sur :

DBLP, Google Scholar, ResearchGate, ORCID et LinkedIn