

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب
Université –Ain Temouchent- Belhadj Bouchaib
Faculté des Sciences et de Technologie
Département D'électronique et des Télécommunications



Projet de Fin d'Etudes
Pour l'obtention du diplôme de Master en :
Domaine : sciences et technologies.
Filière : Télécommunication.
Spécialité : Réseaux et Télécommunication.

Etude et simulation de réseau de drones dans un champ agricole.

Présenté Par :

- 1) Melle Bouazza Maroua Safaâ.
- 2) Melle Bendehnoun Hind.

Devant le jury composé de :

Dr Debbal Mohammed	MCA	UAT.B.B (Ain Temouchent)	Président
Dr Souiki Sihem	MCA	UAT.B.B (Ain Temouchent)	Examineur
Dr Bemmoussat Chemseddine	MCB	UAT.B.B (Ain Temouchent)	Encadrant
Melle Rebahi Fatima zohra	Doctorante	UAT.B.B (Ain Temouchent)	Co-Encadrante

Année Universitaire 2021/2022

Remerciements

Tout d'abord et avant tout, le grand remerciement va ALLAH le tout puissant de nous armés de force et de courage et de patience pour mener à terme ce projet dans de bonnes conditions.

Nous tenons à remercier en premier lieu notre encadrant Dr BEMMOUSSAT et notre Co-encadrante Mme Rabahi pour leur sympathie, leurs efforts, leur disponibilité, leur idées, leur conseils et leur encouragements qui nous ont permis de mener à bien ce mémoire.

Nous remercions également les membres du jury d'avoir accepté d'évaluer ce travail.

Nous tenons à remercier aussi nos parents, nos familles et amis.

A tous ceux qui nous avons aidés et encouragés de près ou de loin.

Bouazza Maroua Safaâ

Bendehnoun Hind

Dédicaces

Je dédie ce travail à mes chers parents pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

A Mes chères sœurs Amel, Houda, Souad, Yasmine et Amani pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral.

A tous mes chers amis et collègues.

A Y.GH pour son soutien et son encouragement

Bouazza Maroua Safaâ

Dédicaces

J'ai le grand plaisir de dédier ce Modest travail,

À ma famille, celui qui m'a fait de moi ce que

Je suis aujourd'hui

À mes chers parents source de vie, d'espoir

À vous mes frères Akram, Mohamed, Diaa Eddine

À tous les membres de ma famille et toute

Personne qui porte le nom BENDEHNOUN

Je dédié ce travail a tous ceux qui ont

Participé à ma réussite

Bendehnoun Hind

Sommaire

Résumé	Erreur ! Signet non défini.
Sommaire	V
Liste des tableaux	VIII
Liste des figures	VII
Introduction générale	1
1 Chapitre 1 Généralités sur les UAV	3
1.1 Introduction	4
1.2 Définition	4
1.3 Historique	4
1.4 La comparaison entre ad-hoc et l'infrastructure	5
1.5 Les applications des drones	5
1.5.1 Sécurité, enquête, contrôle et surveillance	5
1.5.2 La gestion des catastrophes	6
1.5.3 Cartographie environnementale	7
1.5.4 . Recherche et sauvetage (S&R)	7
1.6 Les caractéristiques des drones	8
1.7 La classification des UAVs	8
1.8 Les types des drones	10
1.9 Le type le plus utilisé	10
1.9.1 Quadricopter	10
1.9.2 Les composants	11
1.10 Modèles de mobilité	14
1.10.1 Rwm (Random walk mobility)	14
1.10.2 Gauss-Markov	15
1.11 Les protocoles de routage	15
1.11.1 Protocole AODV (Ad-hoc On-demand Distance Vector)	15
1.11.2 Protocole DSDV : (Destination Sequenced Distance Vector)	15
1.11.3 Protocole OLSR (Optimized Link State Routing)	16
1.11.4 Protocole DSR (Dynamic Source Routing)	16

1.11.5	Protocole de routage Pegasus	16
1.12	Les paramètres de la qualité de service (Qos)	18
1.12.1	Débit	18
1.12.2	Délai.....	18
1.12.3	Le taux de livraison de paquets(PDR)	18
1.12.4	La latence.....	19
1.13	Conclusion	19
2	Chapitre 2 Les principaux défis et les problèmes fondamentaux des drones.....	20
2.1	Introduction.....	21
2.2	Problèmes.....	21
2.2.1	Modélisation des canaux air-sol	21
2.2.2	Optimisation de la trajectoire.....	22
2.2.3	Planification et approvisionnement du réseau cellulaire avec des drones	23
2.2.4	Analyse des performances des réseaux sans fil compatibles UAV	24
2.2.5	Gestion des ressources et efficacité énergétique	25
2.2.6	La mobilité des UAVs	27
2.3	Conclusion :	28
3	Chapitre 3 : Simulation et résultats	29
3.1	Comment installer matlab	30
3.2	Notre Scénario	30
3.3	L'ORGANIGRAMME :	31
	Conclusion générale	40
	Référence bibliographique	49

Liste des figures

Figure I.1:infrastructure vs ad-hoc. (4).....	5
Figure I.2:drone police-sécurité. (4).....	5
Figure I.3:drone utilisé pour secours (4).....	6
Figure I.4:drone pour cartographie. (4).....	7
Figure I.5:étude environnemental par drone. (4).....	7
Figure I.6:drone avec bouée de sauvetage. (4).....	7
Figure 7:types de drones selon l'hélice. (6).....	10
Figure 8:type de drone quadricopter. (7).....	11
Figure 9:le châssis frome X (6).....	11
Figure 10:Moteur sans balai (brushless) (6).....	12
Figure 11:ESC. (6).....	12
Figure 12:hélices en plastiques. (6).....	12
Figure 13: Batterie de drone. (6).....	13
Figure 14:Radio commande de drone.. (6).....	13
Figure 15:contrôle de vol. (6).....	13
Figure 16:Camera de drone. (6).....	14
Figure 17:Trace du modèle de mobilité Random Walk.....	14
Figure 18:chaine de protocole PEGAGASIS.....	17
Figure 19:approche de passage de jeton de contrôle dans PEGASIS.....	17
Figure 20: Surveillance d'un champ agricole par des drones.....	31
Figure 21: Graphe représentatif de nombre de nœuds morts par itération en variant le nombre de nœuds.....	34
Figure 22:nombre de nœuds morts par itération en variant la taille des paquets.....	34
Figure 23: nombre de nœuds morts par itération en variant l'énergie initiale.....	35
Figure 27:l'énergie résiduelle par itération en variant le nombre de nœuds.....	36
Figure 28:l'énergie résiduelle par itération en variant la taille des paquets.....	37
Figure 29:l'énergie résiduelle par itération en variant l'énergie initiale.....	38

Liste des tableaux

Tableau 1: infrastructure vs ad-hoc network.....	5
Tableau 2: classification des UAVs selon l'altitude, poids, applications et autonomie.....	9
Tableau 3: classification des UAVs selon chaque pays	9
Tableau 4: type de drone selon l'helice, la taille et l'equipement	10

Liste des acronymes

AODV Ad-hoc On-demand Distance Vector

A2G Air to Ground

DSDV Destination sequenced Distance Vector

DSR Dynamic Source Routing

ESC: contrôleur électronique qui varie la vitesse de rotation de moteur

GPS Global Positioning System

OLSR Optimized Link State Routing

PDR Taux de Livraison de paquets

QOS Quality Of service

RWM Random Walk Mobility

S&R Sauvetage et recherché

UAV Unmanned Aerial Vehicle (drone)

PEGASIS Power-Efficient Gathering in Sensor Information System

Introduction générale

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

Les drones peuvent être utilisés dans de nombreuses applications civiles en raison de leur facilité de déploiement, faible coût de maintenance, grande mobilité et capacité à planer. Ces véhicules sont utilisés pour la surveillance en temps réel du trafic routier, fournissant une couverture sans fil, télédétection, opérations de recherche et de sauvetage, livraison de marchandises, sécurité et surveillance, agriculture de précision, et inspection des infrastructures civiles. La littérature de recherche récente sur les UAV se concentre sur les applications verticales sans tenir compte des défis auxquels sont confrontés les UAV dans des secteurs verticaux spécifiques Domaines et entre les domaines d'application. De plus, ces études ne traitent pas des moyens pratiques de surmonter les défis susceptibles de contribuer à de multiples applications domaines.

Dans le chapitre 1, nous allons définir les drones, leurs applications tels que la sécurité, la gestion des catastrophe recherche et sauvetage ... (etc.) ainsi que leurs caractéristiques et la classification selon les types de drones, et selon chaque pays.

Le chapitre 2 contient les problèmes ouverts et les principaux défis tels que l'optimisation de la trajectoire, modélisation des canaux air sol, la mobilité des UAVs ... (etc.)

Dans chapitre 3, nous allons citer les différents modèles de mobilité, les protocoles de routage les paramètres de qualité de service ainsi le scénario de la surveillance d'un champ agricole par les drones, en étudions leur mobilité et l'efficacité énergétique.

Chapitre 1 Introduction au réseau de drone

1.1 Introduction

Véhicules aériens sans pilote (UAV), communément appelés drones, font l'objet de recherches concertées depuis ces dernières années du fait de leur autonomie, flexibilité, et une large gamme de domaines d'application. En effet, les drones ont été considérés comme des catalyseurs de diverses applications qui comprennent les militaires, la surveillance et le contrôle, les télécommunications livraison de fournitures médicales et opérations de sauvetage.

Cependant, de tels drones conventionnels centrés sur la recherche se sont généralement concentrée sur les questions de navigation, de contrôle, et l'autonomie, car les candidatures motivantes étaient généralement robotique ou militaire. En revanche, la communication les défis des UAV ont généralement été soit négligés, soit considéré comme faisant partie des composantes contrôle et autonomie. (1)

1.2 Définition

Les drones, parfois appelés «véhicules aériens sans pilote» (UAV), sont destinés à effectuer des tâches allant des plus banales aux plus dangereuses. Ces véhicules ressemblant à des robots peuvent être trouvés pour aider au sauvetage des victimes d'avalanches dans les Alpes suisses, à votre porte pour déposer vos courses et presque partout entre les deux.(2)

1.3 Historique

Les drones sont issus des drones cibles et des véhicules téléguidés (RPV) employés par les forces militaires de nombreux pays dans les décennies qui ont immédiatement suivi la Seconde Guerre mondiale. Les UAV modernes ont fait leurs débuts en tant que système d'armes important au début des années 1980, lorsque les Forces de défense israéliennes ont équipé de petits drones ressemblant à de grands modèles réduits d'avions avec des caméras de télévision et infrarouges entraînaibles et avec des désignateurs de cibles pour les munitions à guidage laser, le tout relié à une station de contrôle.(3)

1.4 La comparaison entre ad-hoc et l'infrastructure

Tableau 1: infrastructure vs ad-hoc network

Infrastructure	Ad-hoc
Liaisons sans fil à saut unique	Liaisons sans fil multi-sauts
Cout et temps de déploiement élevés	Très rapide et économique
Applications actuelles : civil, commerciales	Applications actuelles : militaire, sauvetage
Cout élevé de la maintenance du réseau	Les opérations de maintenance sont intégrées

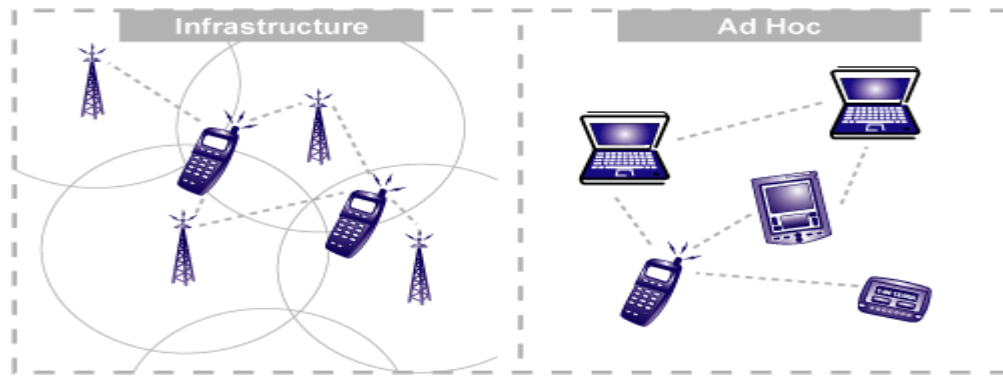


Figure I.1:infrastructure vs ad-hoc. (4)

1.5 Les applications des drones

Les avancées dans les capacités des capteurs déployés sur les drones permettent l'utilisation de drones à différentes fins nouvelles, facilitant la création d'une nouvelle génération d'applications et de services dans le secteur des drones opérations. Les principaux domaines d'application des drones sont brièvement exposés. Discuté dans cette section.

1.5.1 Sécurité, enquête, contrôle et surveillance



Figure I.2:drone police-sécurité. (4)

Les drones ont traditionnellement été utilisés dans la surveillance militaire missions. Des drones polyvalents et peu coûteux ont été utilisés dans les vols aériens enquêtes, pour le suivi et la surveillance, dans de nombreux domaines tels que géophysique et agriculture. Par exemple, la surveillance d'une installation ou l'environnement peut nécessiter des mises à jour de chaque mouvement détecté après les heures de bureau. Une grande installation ou un environnement nécessiterait beaucoup de main-d'œuvre pour une surveillance manuelle approfondie. Contrairement à cela, un essaim des drones peuvent couvrir/surveiller la région beaucoup plus efficacement avec un effort manuel minimal, en envoyant automatiquement et rapidement une alerte à la station de base en cas de détection de mouvement.

1.5.2 La gestion des catastrophes



Figure I.3:drone utilisé pour secours (4)

Dans le cas d'une catastrophe naturelle, les drones peuvent facilement atteindre la catastrophe-frappé des endroits dangereux et difficiles d'accès autrement.

Ils peuvent donc fournir des estimations des catastrophes et faciliter la mise en place mettre en place des contre-mesures efficaces. Par exemple, dans le cas d'un incendie de forêt, un essaim de drones, équipés d'extincteurs ou similaires, peut rapidement examiner et manipuler une grande surface sans mettre en danger vies humaines.

1.5.3 Cartographie environnementale



Figure I.4: drone pour cartographie. (4)

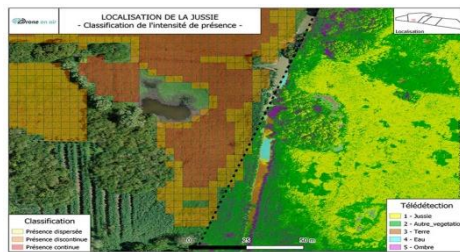


Figure I.5: étude environnemental par drone. (4)

Cartographier différents environnements via des drones est devenu un sujet de recherche actif comme dans les domaines de la cartographie et de l'archéologie.

1.5.4 . Recherche et sauvetage (S&R)



Figure I.6: drone avec bouée de sauvetage. (4)

Les drones peuvent économiser beaucoup de temps et de main-d'œuvre en fournissant en temps réel des images aériennes des lieux ciblés. Ainsi, les équipes S&R peuvent facilement déterminer exactement où l'aide est la plus urgente. Par exemple, différents UAV dans un essaim peuvent être équipés de différents premiers soins de base kits qui peuvent être redirigés et livrés à

une personne ayant besoin de soins médicaux assistance avant même que l'équipe médicale ne l'atteigne, ce qui entraîne une meilleure chance de sauver la vie de quelqu'un. (5)

1.6 Les caractéristiques des drones

- Durée du vol : la durée de vol moyenne d'un drone est entre 25 et 30min
- Coût des drones : on peut acheter un drone équipé d'une camera et GPS avec une moyenne de 200€
- Charge utile : la charge utile moyenne d'un drone est de 1 a 2kg
- Fiabilité et portabilité.
- Facilité d'utilisation et sécurité.
- Des conditions de fonctionnement.
- Poste de contrôle au sol.
- Logiciel de traitement de données. (4)

1.7 La classification des UAVs

Il est difficile d'obtenir une classification unique pour les drones car elle diffère d'un pays à l'autre.

Tableau 2: classification des UAVs selon l'altitude, poids, applications et autonomie.

La classification dépend de plusieurs paramètres tels que l'altitude de vol, les charges utiles, le poids et taille des drones, portée de vol, endurance, vitesse, ailes, etc. (4)

	Mini et micro UAVs	Tactique UAV	MALE UAVs	HALE UAVs
Altitude	<300m	<5000m	5000-15000m	Max 20000m
Poids	Micro →<500g Mini →20kg	100-500kg	1800kg	12000kg
Applications	Civil/commercial	Militaire	Militaire	Militaire
Autonomie	Micro →30 min Mini → quelques heures	10 h	24h	UAV global hawk : 35h

Tableau 3: classification des UAVs selon chaque pays

Pays	Altitude maximale	Distance minimale des personnes	Distance minimale de l'aéroport
US	122m	N/A	8km
Australie	120m	30m	5,5km
Sud d'Afrique	46m	50m	10km
Royaume-Uni	122m	50m	N/A

1.8 Les types des drones

Tableau 4:type de drone selon l'hélice, la taille et l'équipement

Nombre d'hélices	Taille	Equipement
Tricpoter	Très petit	Avec camera
Quadricopter	Mini	Avec FPV
Hexacopter	Moyen	Avec GPS
ocotocoper	Grand	Avec stabilisateur

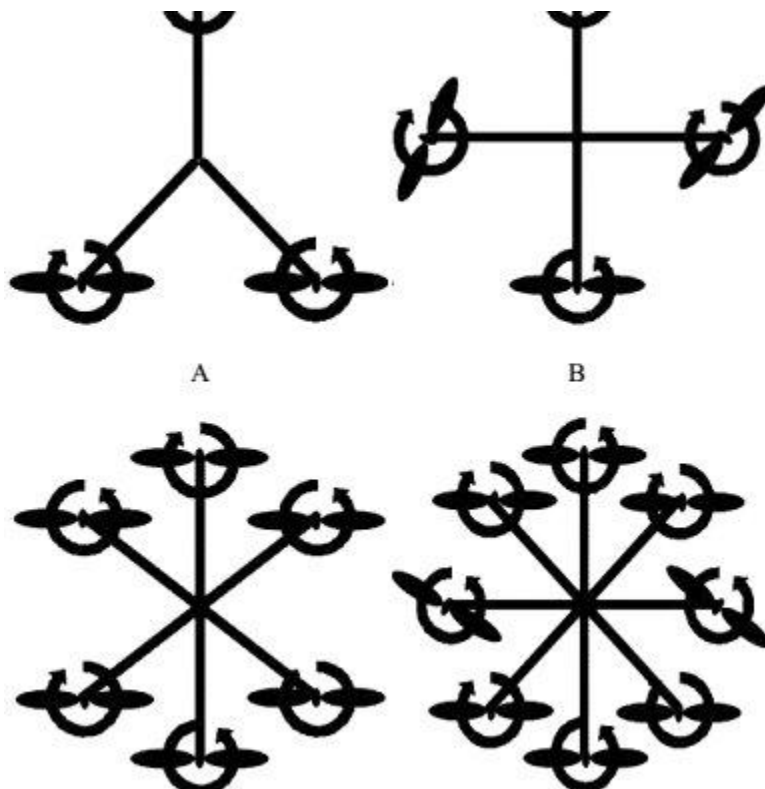


Figure I.7:types de drones selon l'hélice. (6)

1.9 Le type le plus utilisé

1.9.1 Quadricopter

Un quadricopter est un robot mobile aérien à quatre rotors défini dans l'espace par 6 DDL. Ces 4 rotors sont généralement placés aux extrémités d'un châssis ou cadre, et l'électronique de contrôle est habituellement placée au centre de ce châssis ou cadre. Afin d'éviter à l'appareil de tourner sur lui-même sur son axe de lacet, il est nécessaire que deux hélices

tournent dans un sens, et les deux autres dans l'autre sens. Pour pouvoir diriger l'appareil, il est nécessaire que chaque couple d'hélice tournant dans le même sens soit placé aux extrémités opposées d'une branche du châssis ou du cadre.

Le fonctionnement d'un quadricopter est assez particulier. En faisant varier astucieusement la puissance des moteurs, il est possible de le faire monter/descendre, de l'incliner à gauche/droite (roulis) ou en avant/arrière (tangage) ou encore de le faire pivoter sur lui-même, le quadricopter a six degrés de libertés : trois mouvements de rotation et trois mouvements de translation. Ces six degrés doivent être commandés à l'aide de quatre déclencheurs seulement, Donc c'est un système sous actionné (le nombre des entrées inférieur au nombre des sorties).(5)



Figure I.8:type de drone quadricopter. (7)

1.9.2 Les composants

Il est nécessaire pour la fabrication de drone plusieurs composants. Dont nous citons(6) :

- Le châssis (composé de 4 bras qui peuvent être en X ou en H) :



Figure I.9:le châssis frame X (6)

- Les moteurs (le quadricopter nécessite 4 moteurs brushless) :



Figure I.10:Moteur sans balai (brushless) (6)

- Les contrôleurs (ESC se sont des circuits électroniques qui servent pour la variation de vitesse de rotation des moteurs) :



Figure I.11:ESC. (6)

- Les hélices : Elles sont souvent en matière plastique mais aussi parfois en matériaux composites et elles sont identifiées par leur diamètre et leur pas indiqués en pouces

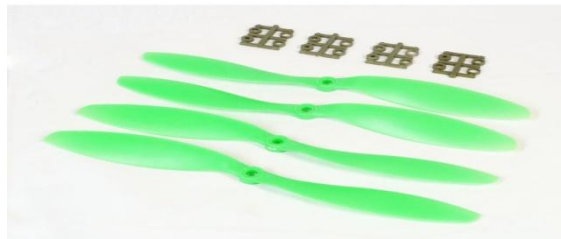


Figure I.12:hélices en plastiques. (6)

- La batterie : Les batteries utilisées sur un drone multirotor sont essentiellement des « Lithium Polymère ». Elles sont issues d'une technologie qui permet d'avoir un très bon rapport poids/puissance.



Figure I.13: Batterie de drone. (6)

- La radio commande (c'est un émetteur radio pour piloter le drone) :



Figure I.14:Radio commande de drone.. (6)

- Le contrôleur de vol c'est une carte électronique équipée de capteurs très précis, qui va traiter les consignes du pilote envoyées à l'émetteur :



Figure I.15:contrôle de vol. (6)

- La camera : Elle permet soit de d'enregistrer le vol pour le visionner plus tard, soit de faire du FPV. La CamOne Infinity du collègue peut faire les deux.



Figure I.16: Camera de drone. (6)

1.10 Modèles de mobilité

1.10.1 Rwm (Random walk mobility)

Random walk mobility est un modèle classique qui, inspirés par des entités individuelles de la nature, se déplacent dans manières extrêmement imprévisibles. Dans ce modèle, le nœud au hasard génère une position initiale dans une zone spécifique. Lorsque le nœud passe de sa position actuelle à une nouvelle position, le nœud sélectionne aléatoirement une direction D dans une plage prédéfinie de $[0, 2\pi]$, la vitesse V dans la plage de $[V_{min}, V_{max}]$ et une course constante temps T ou distance de déplacement constante L . En fin de parcours temps T ou distance parcourue L , le nœud choisit une nouvelle direction et la vitesse comme avant. Lorsque le nœud mobile atteint la limite de simulation, la direction de déplacement du nœud est calculée selon le mécanisme de réflexion optique. Le modèle de mobilité de marche aléatoire (rwm) ne tient pas compte du virage problème d'angle dans la sélection de direction et la frontière En traitement. Surtout pour le drone à voilure fixe, le virage l'angle a des limites strictes et le modèle est indépendant du temps. Que c'est-à-dire que la vitesse et la direction de la période précédente n'affecteront pas l'instant suivant, qui ne respecte pas la limite dynamique des drones. Nous devons donc l'améliorer pour l'adapter à des Scénarios FANET. La trace générée par la marche aléatoire est montré comme Fig 18. (37)

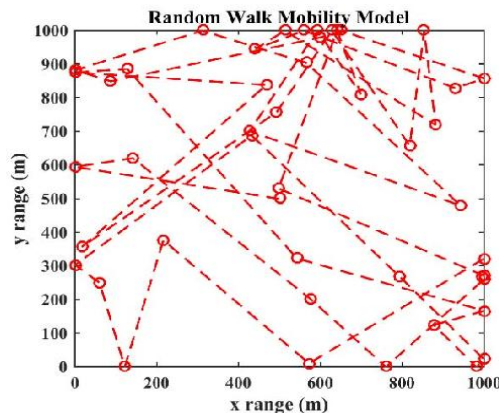


Figure I.17: Trace du modèle de mobilité Random Walk

1.10.2 Gauss-Markov

Le modèle de mobilité de Gauss Markov était à l'origine proposé de simuler un système de communication personnel et a ensuite été appliqué pour simuler un réseau mobile ad hoc. C'est un modèle de déplacement dépendant du temps, initialement avec une valeur de vitesse et direction à heure fixe. La trajectoire du mouvement est générée en mettant à jour la vitesse et la direction dans l'intervalle τ . La vitesse S_n et la valeur de direction D_n de la n^{th} période sont basées sur la vitesse $S(n-1)$ et la direction valeur $D(n-1)$ du $(n-1)^{th}$ période. (37)

1.11 Les protocoles de routage**1.11.1 Protocole AODV (Ad-hoc On-demand Distance Vector)**

AODV est une combinaison de vecteur à la demande et de vecteur de distance, c'est-à-dire une méthodologie de routage saut à saut. Lorsqu'un nœud a besoin de connaître une route vers une destination spécifique, il crée une demande de route. Ensuite la demande de route est transmise par des nœuds intermédiaires qui créent également une route inverse pour eux-mêmes pour destination. Lorsque la demande atteint un nœud avec une route vers la destination, elle crée à nouveau une RÉPONSE qui contient le nombre de sauts nécessaires pour atteindre la destination. Tous les nœuds qui participent au transfert de cette réponse au nœud source créent une route de transfert vers la destination. Cet itinéraire créé à partir chaque nœud de la source à la destination est un état saut par saut et non la route entière comme dans le routage source. (38)

1.11.2 Protocole DSDV : (Destination Sequenced Distance Vector)

DSDV est un protocole de routage à vecteur de distance saut par saut nécessitant que chaque nœud diffuse périodiquement mises à jour de routage basées sur l'idée de l'algorithme de routage Bellman-Ford classique. Chaque nœud maintient une table de routage répertoriant le "prochain saut" pour chaque destination accessible, nombre de sauts pour atteindre la destination et le numéro de séquence attribué par le nœud de destination. Le numéro de séquence est utilisé pour distinguer les périmés de nouveaux itinéraires et ainsi éviter la formation de boucles. Les stations transmettent périodiquement leur routage tables à leurs voisins immédiats. Une station transmet également sa table de routage si un changement significatif a s'est produit dans sa table depuis la dernière mise à jour envoyée. Ainsi, la mise à jour est à la fois temporelle et événementielle. Les mises à jour de la table de routage peuvent être envoyées de deux manières : une mise à jour « complète » ou une mise à jour « incrémentielle ». (38)

1.11.3 Protocole OLSR (Optimized Link State Routing)

OLSR est une optimisation de l'algorithme d'état de lien pur, utilise le concept de relais multipoints (MPR) pour l'acheminement du trafic de contrôle, destiné à être diffusé sur l'ensemble du réseau. L'ensemble MPR est sélectionné de telle sorte qu'il couvre tous les nœuds qui sont à deux sauts de distance. En raison de sa nature proactive, OLSR travaille avec un échange périodique de messages tels que les messages Hello et le message de contrôle de la topologie (TC) uniquement via son MRP. Les paramètres utilisés par OLSR pour contrôler les surcharges de protocole sont le paramètre Hello-interval, le paramètre TCinterval, le paramètre de couverture MPR et le paramètre TC-redundancy. Donc, contrairement au lien classique algorithme d'état, au lieu de tous les liens, seuls de petits sous-ensembles de liens sont déclarés. (38)

1.11.4 Protocole DSR (Dynamic Source Routing)

DSR est un protocole de routage simple et efficace conçu spécifiquement pour une utilisation dans des réseaux sans fil multi sauts. Réseaux de nœuds mobiles. Il permet aux nœuds de découvrir dynamiquement une route source sur plusieurs sauts de réseau vers n'importe quelle destination du réseau ad hoc. Chaque paquet de données envoyé porte alors dans son en-tête la liste ordonnée complète des nœuds par lesquels le paquet doit passer, permettant au routage des paquets d'être un trivialement sans boucle et évitant le besoin d'informations de routage à jour dans les nœuds intermédiaires. par lequel le paquet est transmis. Avec l'inclusion de cette route source dans l'en-tête de chaque donnée paquet, d'autres nœuds transmettant ou entendant par hasard l'un des paquets peuvent facilement mettre en cache ce routage informations pour une utilisation future. (38)

1.11.5 Protocole de routage Pegasus

Pegasus est un protocole basé sur les chaînes, Son idée de base est que dans le but de prolonger la durée de vie du réseau, les nœuds vont être organisés de telle sorte à ce qu'ils forment une chaîne Leur communication va être seulement entre les plus proches voisins en mesurons la distance entre eux par la force de signal.

N'importe quel nœud dans la chaîne peut envoyer la forme agréé des données à la bs, dans cette dernière les nœuds vont se prendre en relais de la transmission à la bs.

La communication direct avec le puits est organisée en rounds et seulement autorisé à un seul nœud appelé le leader au cours de chaque round.

1.11.5.1 Objectif de pegasis : augmentation de l'endurance de chaque nœud et le réseau.

Permettre seulement la coordination locale entre les nœuds voisins.

1.11.5.2 Construction des chaînes:

Les nœuds vont être organisés de sorte qu'ils forment une chaîne, qui peut être soit calculée par le BS d'une façon centralisée, ou accomplie par les nœuds capteurs eux-mêmes en employant un algorithme avide (greedy algorithm)

Pour construire la chaîne, PEGASIS commence avec le nœud le plus éloigné de la BS. Les voisins seront successivement sélectionnés d'une manière où le nœud le plus proche sera le nœud suivant dans la chaîne.

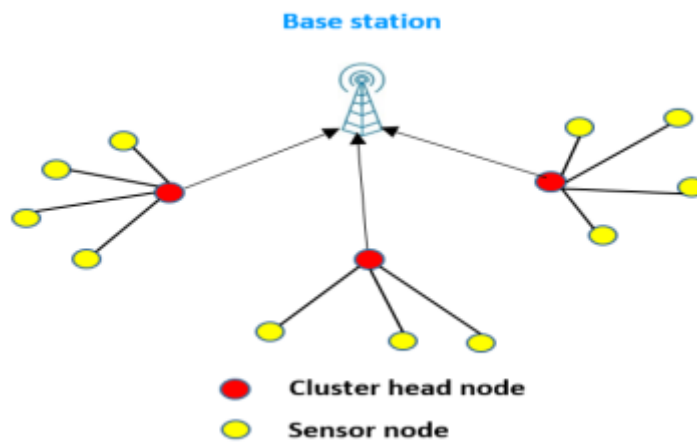


Figure I.18: chaîne de protocole PEGAGASIS

La figure 19 montre la construction de chaîne en utilisant l'algorithme avide où Dans une deuxième phase, chaque nœud prendra les données de son voisin et les émergera avec ses données puis transmettra les données recueillies au nœud suivant comme un processus cumulatif.

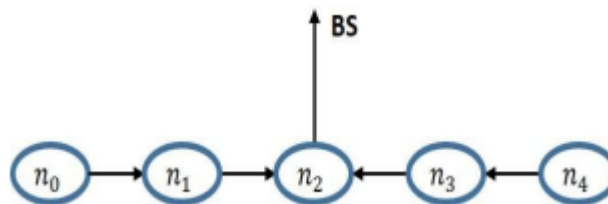


Figure I.19: approche de passage de jeton de contrôle dans PEGASIS

Le leader sera responsable de l'envoi de ces données à la station de base. En outre, dans chaque tour il y a un noeud leader différent dans un emplacement différent est choisi au hasard et utilisé. Dans un certain tour, le leader construira une approche de passage de jeton de contrôle pour obtenir les données collectées de l'autre noeud au noeud le plus proche et le transfère à la station de base. Sur la figure 20, le noeud leader est n2, le premier jeton est donc passé de n0 à n1 et atteint le noeud leader n2, puis le second jeton est passé de n4 à n3 et atteint également le noeud leader n2, toutes les données des deux directions étant alors rassemblées en n2 avant la station de base. Quand un noeud meurt, la chaîne est reconstruite de la même manière pour dévier le noeud mort

1.12 Les paramètres de la qualité de service (Qos)

1.12.1 Débit

La mesure du débit est la quantité de données envoyées avec succès par unité de temps, on calcule la quantité totale de données envoyées et la divisée par le temps de transmission total. Le temps de transmission total est le temps écoulé entre l'envoi du premier paquet de données et l'envoi du dernier paquet de données. Mathématiquement:

Débit = (quantité totale de données envoyées)/(durée totale de transmission).

Cette formule calcule la quantité de données envoyées en octets/seconde. Afin de calculer le tout en Kbps, nous avons calculé le débit comme suit :

$$\text{Débit} = (\text{quantité totale de données envoyées})/(\text{durée totale de transmission}) \times (8/1024) \quad (39)$$

1.12.2 Délai

Le délai moyen de bout en bout est calculé en divisant le délai total de bout en bout par le nombre total de paquets envoyés. Où le délai total de bout en bout est la somme des délais subis par chaque paquet. Le délai est mesuré en secondes. Mathématiquement,

$$\text{Délai moyen de bout en bout} = (\text{délai total de bout en bout})/(\text{nombre de paquets envoyés}) \quad (39)$$

1.12.3 Le taux de livraison de paquets(PDR)

Le taux de livraison de paquets est calculé comme le nombre total de paquets reçus à destination par le nombre total de paquets censés être reçus. Mathématiquement,

$$\text{PDR} = (\text{paquets reçus})/(\text{paquets devraient être reçus})$$

Où les paquets doivent être reçus est le nombre de paquets qui doivent être reçus en fonction du nombre d'auditeurs. (39)

1.12.4 La latence

La latence est le temps mis par un paquet pour atteindre le récepteur point de terminaison après avoir été transmis depuis le point de terminaison expéditeur. Cette fois la période est appelée "délai de bout en bout" se produisant le long de la transmission chemin. La latence fait généralement référence aux conditions du réseau, telles que la congestion, qui peuvent affecter le temps total nécessaire au transit.

La mesure

La latence doit être mesurée avec le serveur de destination pour le Ping connecté directement au serveur sur le même domaine Intranet. Il doit être mesuré en mode stationnaire. La latence doit être mesurée pour les conversations/réelles services de temps utilisant différents supports tels que l'audio, la vidéo, les données et les données (interactif). (39)

1.13 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons fait un résumé sur les UAV, leurs applications et leurs caractéristiques et classifications. Les capacités et les rôles des UAVs sont prometteurs et ils jouent un rôle de plus en plus important dans une grande zone d'opération, dans une plus large gamme d'applications et des missions compliquées. En raison des nœuds hautement mobiles, la structure de mise en réseau ture doit être construite de manière ad-hoc appelé Flying Ad-Hoc Network (FANET), qui nécessite des solutions évolutives, fiables, en temps réel et mise en réseau mobile ad-hoc paire à paire entre UAV et stations au sol.

Chapitre 2 Les principaux défis et les problèmes fondamentaux des drones

2.1 Introduction

Au cours de la dernière décennie, les réseaux terrestres ont connu des explosions croissance des utilisateurs et des services. En effet, il est prévu que dans un futur proche, ces réseaux devraient supporter au moins Volumes de trafic multipliés par 1 000 et connexion sans fil de 100 milliards appareils. Il est difficile de s'adapter à l'augmentation des données demandes sur la capacité limitée de la base terrestre actuelle stations. L'essor du mobile de cinquième génération (5G) les réseaux peuvent fournir plus de ressources pour répondre à la croissance exponentielle augmentation des demandes de trafic de divers services. De plus, des véhicules aériens sans pilote (UAV) ont récemment été déployés pour aider les BS terrestres à étendre leur capacité termes de couverture et d'allocation des ressources. En fait, les UAV peuvent offrir une chance évolutive et plus élevée de se déplacer sans obstacle communications sans fil. Les drones peuvent être facilement déployés dans le ciel et forment rapidement une plate-forme aérienne exile. Ainsi, Systèmes de communication sans fil 5G et au-delà 5G peut tirer parti du soutien de l'accès aux communications aériennes plates-formes. Les drones dotés de telles capacités seront donc une partie intégrante de la future génération de réseaux mobiles et fonctionneront ensemble comme un système unique. Cependant, la communication les problèmes de ces plates-formes aériennes ont généralement été négligés ou considérés comme faisant partie des composants de routage. (9)

2.2 Problèmes

Un réseau FANET est différent du traditionnel MANET et VANET mais l'idée fondamentale est la même : avoir des nœuds mobiles et la mise en réseau de manière ad hoc. D'où, dans un réseau FANET, certains challenges sont valables comme dans un VANET tout en faisant face à des défis supplémentaires. Bien que de nombreuses recherches aient été effectuées pour augmenter l'efficacité du réseau avec le vol nœuds, il y a encore beaucoup de problèmes non résolus, qui devraient être explorés dans les futurs travaux : (10)

2.2.1 Modélisation des canaux air-sol

Défis : La propagation du signal sans fil est affectée par le milieu entre l'émetteur et le récepteur. Les caractéristiques des canaux air-sol (A2G) diffèrent considérablement. Des canaux de

communication au sol classiques qui, à leur tour, peut déterminer les performances des communications sans fil basées sur les drones. (11)

De plus, par rapport aux liaisons de communication air-air qui expérience LoS dominante, les canaux A2G sont plus sensibles au blocage. De toute évidence, la conception et le déploiement optimaux des systèmes de communication basés sur des drones nécessitent l'utilisation d'un Modèle de canal A2G. Bien que la technique du lancer de rayons soit une approche raisonnable pour la modélisation de canal, il manque suffisamment précision, en particulier dans les opérations à basse fréquence (13). Modélisation précise du canal A2G est importante, en particulier lorsque l'utilisation de drones dans des applications telles que l'amélioration de la couverture, En particulier, tout mouvement ou vibration par les UAV peut affecter le caractère de canal.

De plus, le canal A2G est fortement dépendant sur l'altitude et le type d'UAV, l'angle d'élévation et type de milieu de propagation. Un modèle de canal générique pour les communications UAV-sol a besoin de simulations et de mesures complètes dans divers environnements.

De plus, les effets de l'altitude d'un UAV, les mouvements des antennes et les ombres causées par les drones corps doit être capturé dans la modélisation du canal. De toute évidence, capter ces facteurs est difficiles dans la modélisation des canaux A2G.

Etat de l'art :

Maintenant, nous discutons d'un certain nombre d'études sur la modélisation des canaux A2G. L'auteur dans (14) pré-a envoyé un aperçu des recherches existantes liées au canal A2G modélisation. Dans (14), les auteurs ont fourni à la fois une simulation et résultats de mesure pour la perte de trajet, le retard de la propagation et l'évanouissement dans les communications A2G.

2.2.2 Optimisation de la trajectoire

Défis : La planification optimale des trajectoires des drones est un autre défi important. Dans les systèmes de communication basés sur les drones.

En particulier, l'optimisation de la trajectoire des drones est cruciale lors de l'utilisation pour les villes intelligentes, les drones-UE et les scénarios de mise en cache. La trajectoire d'un UAV est

significativement affectée par différents facteurs comme le temps de vol, les contraintes énergétiques, les demandes des usagers au sol, et évitement des collisions.

Naturellement, optimiser la trajectoire de vol des drones est un défi car cela nécessite de prendre en compte de nombreuses contraintes physiques et un ensemble de paramètres. Par exemple, en trouvant les trajectoires des drones pour l'optimisation des performances, il faut tenir compte de divers des facteurs clés tels que la variation des canaux due à la mobilité, Dynamique des drones, consommation d'énergie des drones et vol contraintes.

De plus, la trajectoire optimisation des réseaux sans fil activés par les drones nécessite des capacités couplage entre la mobilité et diverses métriques de QoS dans les Communications sans fil.

Etat de l'art :

L'optimisation de la trajectoire des drones a été principalement étudiée du point de vue de la robotique/contrôle (15). Plus récemment, il y a eu plusieurs travaux qui étudient l'interaction entre la trajectoire d'un drone et ses performances de communication sans fil. Dans (16), l'auteur a étudié la trajectoire optimale des drones équipés avec plusieurs antennes pour maximiser le débit total en liaison montante. L'auteur dans (17) a maximisé le débit d'un système de drone basé sur des relais en optimisant conjointement trajectoire ainsi que la puissance d'émission de la source/relais.

2.2.3 Planification et approvisionnement du réseau cellulaire avec des drones

Défis : La planification du réseau implique de traiter un nombre de problèmes clés tels que le positionnement de la station de base, estimation trafic, allocation de fréquences, association de cellules, backhaul la gestion, la signalisation et l'atténuation des interférences.

Planification réseau avec les UAV est particulièrement importante lorsque les UAV sont utilisés pour la couverture et l'amélioration de la capacité.

Dans un réseau cellulaire assisté par UAV, la planification du réseau devient plus difficile en raison des diverses propriétés des drones, notamment mobilité, interférence LoS, contraintes énergétiques et sans fil connectivité de liaison. Par exemple, radio et backhaul commune les

conceptions et le déploiement sont nécessaires lors de la planification du réseau avec des drones. Une autre différence entre la planification du réseau pour les réseaux cellulaires traditionnels et les systèmes UAV est le montant de la signalisation et des frais généraux. Contrairement aux réseaux terrestres statiques, dans le cas d'UAV, il y a un besoin de signalisation dynamique pour suivre en permanence l'emplacement et le nombre d'UAV dans le réseau. Une telle signalisation dynamique peut également être nécessaire pour enregistrer les différents drones en tant qu'utilisateurs ou stations de base dans le système cellulaire. (18)

Etat de l'art :

Des études récentes sur les communications par UAV ont abordé divers problèmes liés à la Planification du réseau. Par exemple, dans (19), les auteurs ont étudié l'affectation utilisateur-UAV optimale pour l'amélioration de la capacité dans les réseaux sans fil hétérogènes assistés par UAV. Le travail en (20) optimisé le déploiement et l'association cellulaire des drones pour répondre aux exigences tarifaires des utilisateurs tout en utilisant un minimum Puissance d'émission des drones.

2.2.4 Analyse des performances des réseaux sans fil compatibles UAV

Défis: Une analyse fondamentale de la performance de systèmes sans fil compatibles UAV est nécessaire pour évaluer l'impact de chaque paramètre de conception sur les performances du système, En particulier, les performances des systèmes UAV doivent être analysés en termes de QoS clé mesures telles que la probabilité de couverture, le débit, le délai ou la fiabilité d'interconnexion (par exemple, pour les drones connectés au cellulaire).

De telles performances les évaluations peuvent également révéler les compromis inhérents auxquels on est confronté lors de la conception de systèmes basés sur des drones.

De toute évidence, lors de la conception de systèmes de communication basés sur les drones, une analyse de performance fondamentale doit être faite afin d'évaluer l'impact des paramètres de conception sur performances globales du système. Naturellement, la conception d'une analyse complète des performances sans fil d'un UAV système sans fil différera considérablement des systèmes conventionnels réseaux au sol en raison de l'altitude et de la mobilité potentielle des UAV ainsi que leurs différentes caractéristiques de canal. les limitations énergétiques strictes des drones introduisent également des Défis. La faible énergie disponible à bord des drones ce qui

conduit à la courte durée du vol est un facteur majeur affectant les performances des communications sans fil utilisant UAV.

En effet, l'analyse des performances d'un complexe réseau sans fil aérien-terrestre érogène composé des stations de base volantes et au sol est une tâche difficile. (21)

Etat de l'art :

Dans (22), la plupart des travaux existants portent sur la performance analyse de drones en relais, ou en réseaux ad-hoc. Par exemple, les travaux de (23) ont évalué les performances d'un réseau ad-hoc UAV en termes de débit de transmission et délai de bout en bout. Dans (24), les auteurs ont étudié l'utilisation de macro relais UAV pour améliorer le débit des réseaux cellulaires.

Le travail dans (25), a dérivé la probabilité de connectivité réussie entre les dispositifs au sol dans un réseau ad-hoc assisté par drone.

2.2.5 Gestion des ressources et efficacité énergétique

Défis : La gestion des ressources est un défi majeur pour les réseaux cellulaires (26) (27), (28), Les UAV introduisent des défis uniques en raison de :

- 1) Interaction entre le temps de vol, l'énergie, le plan de trajectoire et l'efficacité spectrale des UAV
- 2) Limitations strictes d'énergie et de vol pour UAV,
- 3) Interférence LoS provenant de l'A2G et air-to-liaisons aériennes.
- 4) Mobilité des UAV.

Naturellement, les drones volants ont une quantité limitée d'énergie de bord qui doit être utilisée pour le transport, la mobilité de contrôle, de traitement de données et de charges utiles (29).

Par conséquent, la durée de vol des drones est généralement courte et insuffisante pour fournir une connexion sans fil continue à long terme couverture. La consommation d'énergie du drone dépend également sur le rôle/la mission de l'UAV, les conditions météorologiques et le chemin de navigation. De telles contraintes énergétiques conduisent à leur tour à durées de vol et de vol stationnaire limitées. Ainsi, lors de la conception Les systèmes de communication des drones.

Donc, l'efficacité énergétique des drones nécessite une attention particulière car cela a un impact significatif sur les performances de la communication UAV systèmes. En fait, l'énergie limitée à bord des drones est un élément clé contrainte pour le déploiement et la mobilité des drones dans divers applications.

Etat de l'art :

L'auteur dans (30) a fourni un cadre analytique pour minimiser la consommation d'énergie d'un UAV à voilure fixe en déterminant la trajectoire optimale du drone. Dans (31), les auteurs ont proposé un cadre de programmation économe en énergie pour les communications aératives des drones.

Les travaux de (32) ont proposé un cadre pour optimiser les temps de transmission dans les communications utilisateur-UAV qui maximise le débit minimum des utilisateurs.

Les auteurs dans (33) ont étudié l'utilisation d'un réseau d'antennes sur les UAV pour améliorer le SNR et par conséquent de réduire la Puissance de transmission. Les travaux de (34) ont étudié une solution optimale schéma d'allocation de ressources pour un vol de récupération d'énergie point d'accès.

Les études se sont concentrées sur la détermination des chemins optimaux afin de prolonger la durée de vie du réseau. Ces dernières années, l'utilisation de la récupération d'énergie (via des sources d'énergie ambiantes telles que l'irradiation solaire, les vibrations ou sources électromagnétiques etc.). L'examen des points d'accès mobiles avec capacité de récupération d'énergie est relativement nouveau. Plusieurs des études récentes sur le sujet concernent la recherche de chemins de routage optimaux abordé le problème de régularité du fournisseur de services mobiles sur la machine de recharge sans fil dans le but de minimiser l'énergie de consommation. Les travaux étroitement liés des chercheurs ont envisagé une méthode d'allocation de temps distribuée pour maximiser collecte de données dans les réseaux de capteurs de récupération d'énergie tout en définissant un scénario d'un chemin contraint avec tous les capteurs ayant sources d'énergie renouvelables.

Le problème en question est bien connu comme problème d'optimisation combinatoire, dans lequel les solutions en ligne compétitives sont limitées. Dans la suite, quelques chercheurs

proposent une solution compétitive constante au problème avec statique et grande capacité sous certaines hypothèses. Le cas de l'efficacité d'énergie est largement ouvert.

2.2.6 La mobilité des UAVs

Défis : Le réchauffement climatique à engendré une multitude de catastrophe au cours de ces derniers années, par exemple, de nombreuse structures ont été endommagées ou détruites en Californie.

Les catastrophes naturelles ont coutées à la Californie un record de 22,5 milliard de dollars, pour faire face à cette situation les autorités ont jugés nécessaire d'utiliser un réseau d'urgence.

Suite à cette catastrophe naturelle l'évolution à long terme LTE l'infrastructure peut être endommagée ou dans un état d'arrêt instantané. Dans un tel cas il est préférable de basculer sur les réseaux de ressources. (35)

Etat de l'art :

Des études récentes sur les communications par UAV ont abordé divers problèmes liés à la mobilité. Les auteurs dans (35) ont prouvés que le modèle de mobilité Paparazzi peut atteindre une amélioration significative, amélioration du délai, du taux de livraison des paquets et du débit par rapport au Gauss-Markov. Dans (36) les auteurs ont proposé d'utiliser un des drones radars pour verbaliser conducteurs pour des infractions telles que le franchissement de lignes continues, vitesse excessive ou non-respect d'une distance de sécurité entre deux véhicules.

Dans le tableau ci-dessous, nous avons résumé tous les critères de la QoS pris en considération par les articles étudiés dans ce chapitre, le but de résumé les QoS est de voir les paramètres les plus utilisés par les auteurs pour fixer nos paramètres lors de notre scénario qui sera détaillé dans le chapitre qui va suivre.

2.3 Conclusion :

Dans ce chapitre Nous avons exploré les principaux défis, applications et problèmes fondamentaux. De plus, nous avons présenté l'état de l'art majeur concernant les défis des réseaux sans fil compatibles UAV.

Chapitre 3 : Simulation et résultats

3.1 Introduction

Pour la surveillance d'une zone agricole on a utilisé un réseau de drone puisqu'il est avantageux alors dans ce chapitre on a le simulé sur MATLAB et on a obtenu des résultats et les interprétés pour l'énergie résiduelle et nombre de nœuds mort par itérations.

3.2 Comment installer matlab : installation et configuration est illustrées dans ANEXE 1

3.3 Notre Scénario

Pour assurer la surveillance des champs agricoles et le bétail d'une grande surface, il est utile d'introduire une technologie récente pour faciliter les tâches aux agriculteurs. De ce fait, l'utilisation d'un réseau temporaire à faible coût est primordiale. Les réseaux UAVs dans ce cas peuvent être très avantageux, en raison de leurs faibles coûts, leurs flexibilités, et leurs robustesses. Notre modèle est basé sur l'utilisation d'un ensemble de drones qui ont pour objectif d'assurer la surveillance du champ, la pulvérisation de pesticides, et la collecte de données.

De ce fait, nous avons divisé le processus en 4 phases :

Phase 1 : Lancement d'un ensemble de drones dans le ciel, cet ensemble est divisé en quatre sous-groupes (cluster), et chaque cluster est dirigé par un chef nommé (cluster Head ou CH).

Phase 2 : Les clusters Head ont pour rôle d'assurer la collecte des données des autres drones et les envoyées vers la station de base (SB) située dans le sol, et les membres de chaque groupe surveille et injecte du pesticide sur le sol.

Phase 3 : Si l'énergie résiduelle au niveau de la batterie du CH est inférieure à un certain seuil bien défini, le Ch lui-même désigne un des membres de son cluster comme cluster Head, ensuite il informe les autres clusters Head de son départ et il quitte le réseau temporairement.

Phase 4 : l'UAV membre avec une énergie élevée devient le chef de groupe.

La communication entre les drones d'un même cluster est établie en utilisant le protocole MAC 802.15.4 et entre chaque cluster avec le protocole 802.11.b. D'autre part, le chef de groupe a

Pour rôle la communication et la transmission des données à la SB, la surveillance est faite par Les membres de réseau seulement.

La figure 20 illustre le déploiement de nos drones dans le ciel.

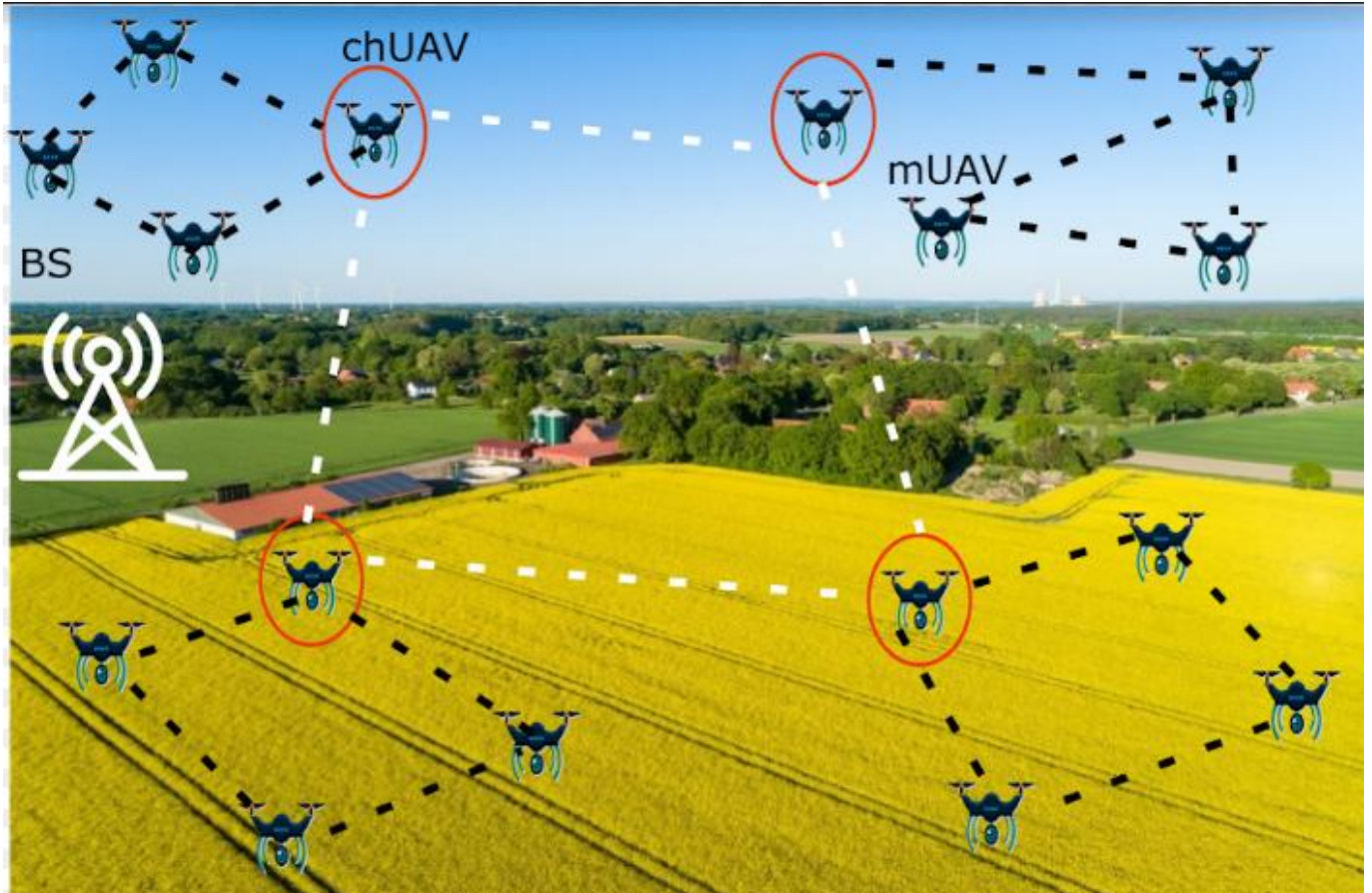


Figure III.20: Surveillance d'un champ agricole par des drones

3.4 L'ORGANIGRAMME :

L'organigramme ci-dessus résume notre scénario

E_r (ch) : représente l'énergie résiduelle au niveau de la batterie du cluster Head.

ϵ_0 : représente l'énergie pour laquelle nous devant changé le cluster Head.

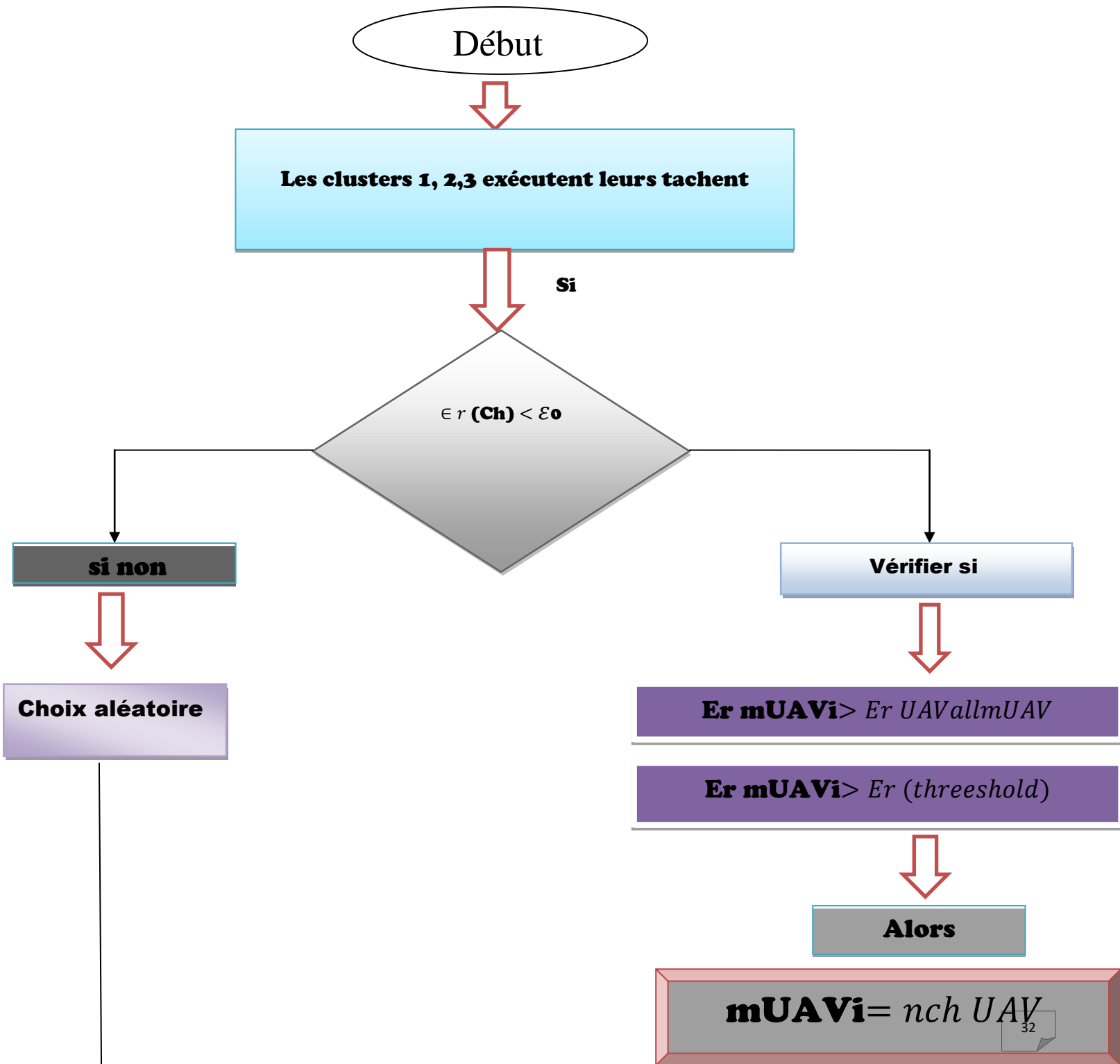
E_r (mUAV_i) : représente l'énergie résiduelle d'un UAV_i.

Ou $i =$ le nombre des mUAV.

E_r (UAV all mUAV) :représente l'énergie résiduelle de tous les restes mUAV.

$E_r(\text{threshold})$: c'est l'énergie cueille pour laquelle un mUAV pour à être un cluster Head.

$N_{ch\ UAV}$: c'est le nouveau cluster Head.



Simulation :

Sous matlab, nous avons adapté un script d'un réseau de capteur sans fil en réseau FANET.

Pour cela nous avons utilisé les paramètres de simulation qui sont mentionné dans le tableau ci-dessous :

Fin

Paramètres de simulation	Valeurs
Temps de simulation	800s
Taille du champ agricole	10Hect
Nombre de drones	100, 150 , 200
Vitesse des drones	2m/s
Taille des paquets	1024, 2048, 4096(octet)
Modèle de mobilité	Aleatoire
Protocole de routage	PEGASIS
Communication entre CH	WIFI
Communication entre membres	ZIGBEE
Critères de QoS	Débit, Delai, PDR, Latence

Nos résultats :

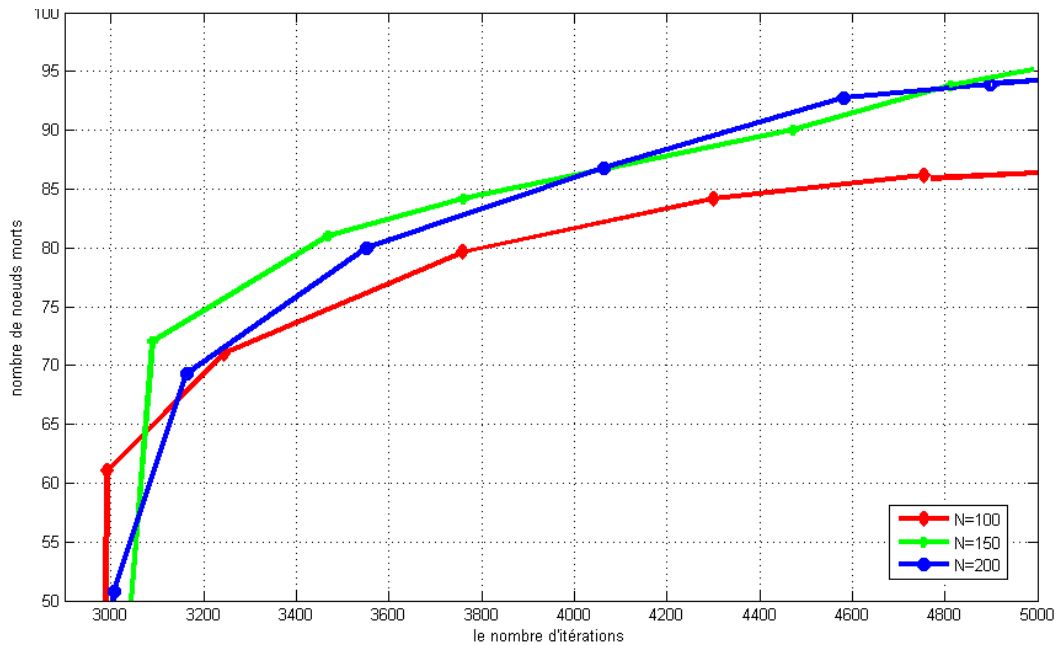


Figure III. 21: Graphe représentatif de nombre de nœuds morts par itération en variant le nombre de nœuds.

La figure 21 présente le nombre des nœuds morts en fonction de nombre d'itérations en variant le nombre de nœuds (N=100, N=150, N=200), dans une surface de 1hectare ,on a fixé la taille des paquet TP=2024octet et l'énergie initiale E=0,8kj, pour ces dernières nous observons une augmentation de nombre des nœuds morts.

Dans le cas N=200 un nombre important de nœuds morts, par contre dans le cas N=100 un faible nombre des nœuds morts (par rapport au deux autres).

Dans les deux cas N=200 et N=150 on remarque que le nombre de nœuds mort se stabilise en même pourcentage 95% mais pas le même nombre de nœuds restants.

Dans le cas de N=200, le grand nombre de nœuds morts est dû à la grande consommation d'énergie, cette énergie est consommée lors de la transmission de nombre important de message de contrôle (pour la création des tables de routage).

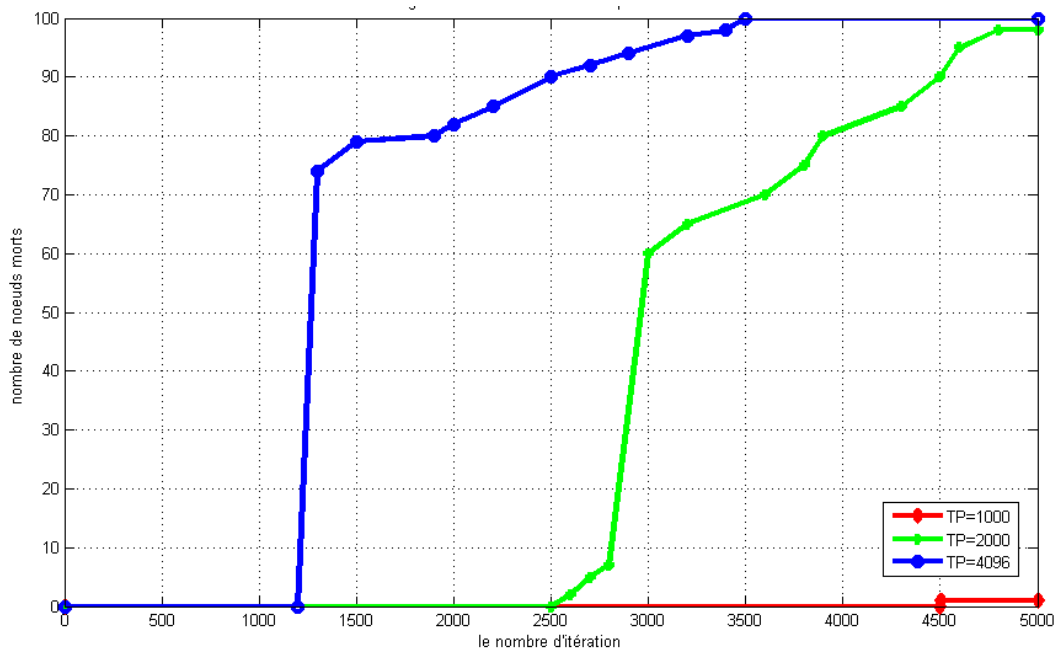


Figure III.22:nombre de nœuds morts par itération en variant la taille des paquets.

La figure 22 présente le nombre de nœuds morts par rapport le nombre d'itérations dans une surface de 1 hectare en variant la taille des paquets (TP=1024octet, TP=2048octet, TP=4096octet) et on a fixé le nombre de nœuds $N=100$, et l'énergie initiale $E=0,8kj$

Le nombre de nœuds morts présente une énergie initiale E achevée.

On observe dans le cas TP=1024octet un très faible nombre de nœuds mort à cause de la petite taille de paquet transmit donc les nœuds n'ont pas consommés une grande énergie.

Pour une grande taille des paquets (4096octet) le nombre de nœuds morts atteint son maximum par rapport aux autres cas (TP=2048octet, TP=4096octet), ceci est dû à l'envoi des paquets avec une taille importante, cette dernière a un impact direct sur la durée de vie des drones.

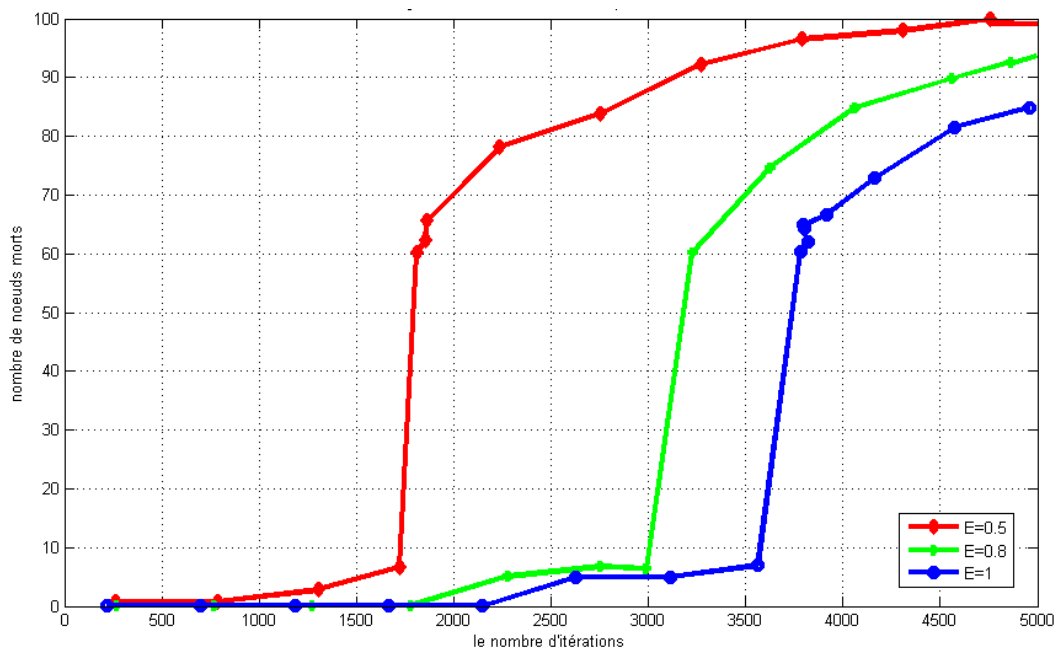


Figure III.23: nombre de nœuds morts par itération en variant l'énergie initiale.

La figure 23 présente le nombre de nœuds morts par rapport le nombre d'itérations pour les cas ($E=0.5kj$ $E=0.8kj$ $E=1kj$) dans une surface de 1 hectare, on a fixé la taille des paquets TP=2048octet et le nombre de nœuds $N=100$.

Pour les 3 courbes nous constatons une diminution au niveau de nombre de nœuds morts avec l'augmentation de nombre d'itérations

Pour les 3 cas on observe une stabilisation de nombre de nœuds morts où PEGASIS offre la stabilité du réseau pour les premiers 1500 rounds

Pour l'énergie ($E=0.5\text{kJ}$) le nombre de nœuds morts a atteint son maximum par rapport aux autres cas ($E=0.8\text{kJ}$ $E=1\text{kJ}$).

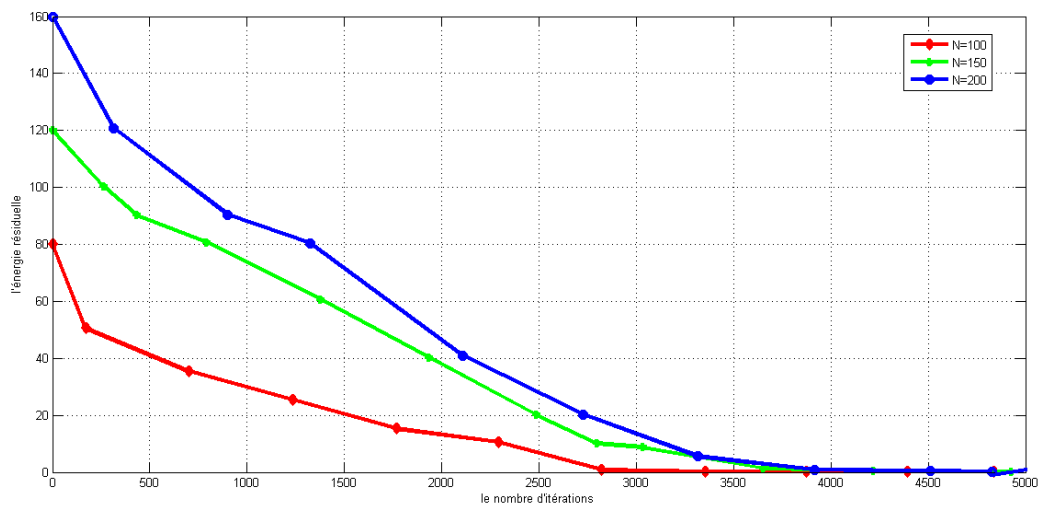


Figure III.24: l'énergie résiduelle par itération en variant le nombre de nœuds.

La figure 27 présente l'énergie résiduelle en fonction de nombre d'itérations dans une surface de 1 hectare on a fixé la taille des paquets $TP=2048\text{octet}$. Et l'énergie $E=0,8\text{kJ}$.

L'énergie résiduelle est l'énergie stockée au niveau des batteries des drones, les 3 courbes présentent respectivement l'énergie résiduelle pour les cas $N=100$, $N=150$, $N=200$.

Au début, on observe une diminution au niveau d'énergie résiduelle avec l'augmentation de nombre d'itérations.

Par la suite, Pour le cas $N=100$ la diminution d'énergie résiduelle des batteries des drones est moins faible par rapport aux deux autres, Ceci est du grâce à la petite valeur de nombre de nœuds, et cette diminution d'énergie résiduelle pour les 3 scénarios est causée par la consommation lors de mobilité des nœuds.

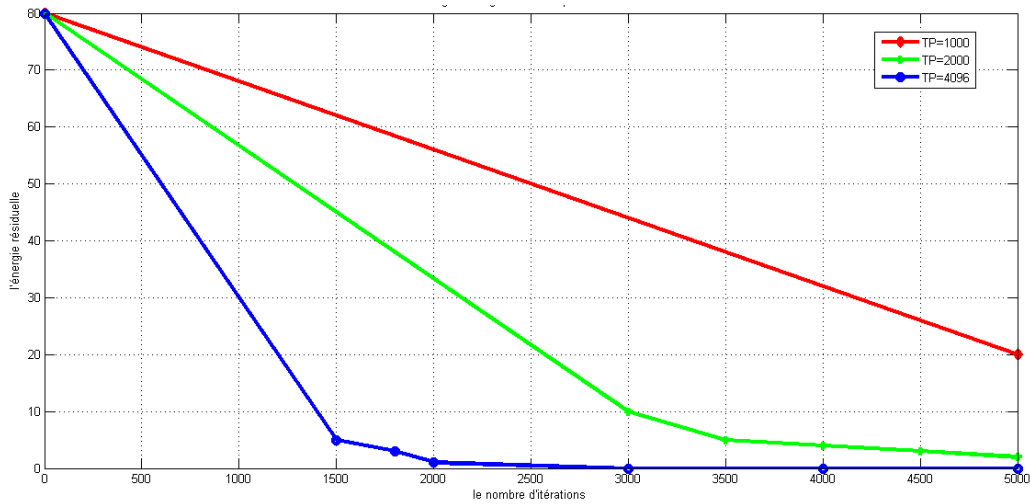


Figure III.25: l'énergie résiduelle par itération en variant la taille des paquets.

La figure 28 présente l'énergie résiduelle en fonction de nombre d'itération en variant la taille des paquets (TP=1024octet, TP=2048octet, TP=4096octet) dans une surface de 1 hectare et on a fixé le nombre de nœuds $N=100$ et l'énergie initiale $E=0,8\text{kJ}$.

Dans les 3 cas nous observons une diminution au niveau d'énergie résiduelle avec l'augmentation de nombre d'itérations.

Ensuite, nous remarquons la diminution d'énergie résiduelle des batteries des drones dans le cas TP=1024octet est moins faible par rapport aux deux autres.

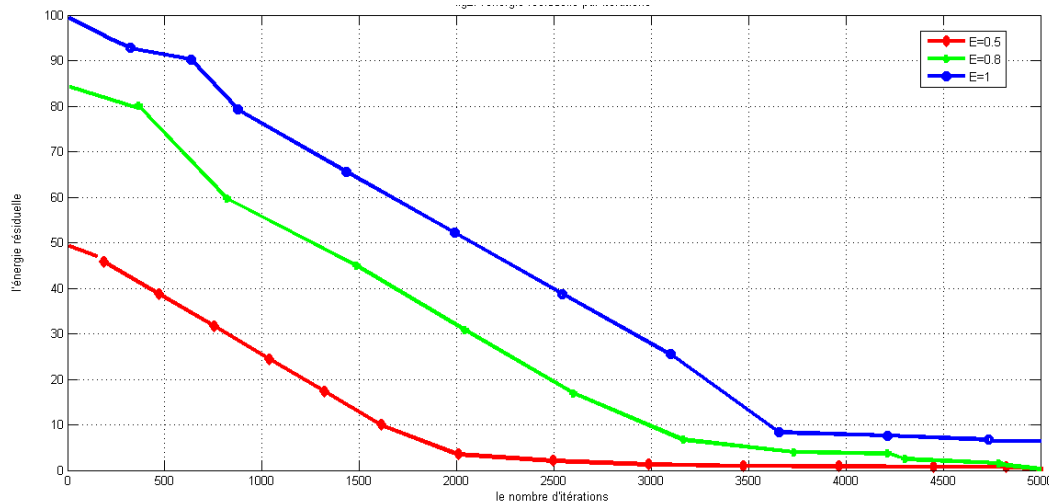


Figure III.26:l'énergie résiduelle par itération en variant l'énergie initiale.

La figure 29 présente l'énergie résiduelle en fonction de nombre d'itérations pour les cas $E=0.5\text{kJ}$, $E=0.8\text{kJ}$, $E=1\text{kJ}$ dans une surface de 10hectares, on a fixé le nombre de nœuds $N=100$ et la taille de paquet $TP=2024\text{octet}$.

On remarque que dans les 3 cas y'a une diminution au niveau de l'énergie résiduelle avec une augmentation de nombre d'itération.

Et pour le cas $E=1\text{kJ}$ la diminution d'énergie résiduelle des batteries des drones est moins faible par rapport aux deux autres.

Ceci est du grâce à la grande valeur d'énergie E , et cette diminution d'énergie résiduelle pour les 3 scénarios est causée par la création des liens des communications et le grand trafic qui circule dans le réseau.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté un scenario de la surveillance d'un champ agricole par les drones avec optimisation basé sur le protocole de routage PEGASIS. Le protocole a été simulé et évalué par le simulateur MATLAB.

On a conclu que le protocole PEGASIS a de bons résultats, Cependant, ces résultats peuvent ne pas être satisfaisants dans d'autres paramètres comme dans les grandes zones avec un nombre élevé de nœuds.

Enfin, le protocole de routage proposé réduit le pourcentage d'échecs paquets, réduit le pourcentage de nœuds déconnectés et diminuer le pourcentage de capteurs morts. En outre, cela

indique que notre protocole proposé distribue l'énergie consommation uniformément entre les nœuds du réseau et donc maximiser la durée de vie du réseau.

Conclusion générale

Conclusion générale :

La communication sans fil avec des véhicules aériens sans pilote (UAV) est une technologie prometteuse pour futurs systèmes de communication. Dans cet article, nous avons étudié la communication d'UAV économe en énergie avec un terminal au sol via l'optimisation de la trajectoire du drone, un nouveau paradigme de conception qui considère conjointement à la fois le débit de communication et la consommation d'énergie du drone. Pour cela, nous avons fait une étude sur les drones en citant leur capacité, leur rôle et la structure de mise en réseau qui doit être de manière ad-hoc. Ensuite nous avons explorés les différents défis et les problèmes ouverts fondamentaux avec l'état de l'art de plusieurs auteurs concernant les défis de ce réseau sans fil.

Puis on a fait une simulation en utilisant logiciel MATLAB, l'étude été faite sur les mesures suivantes :

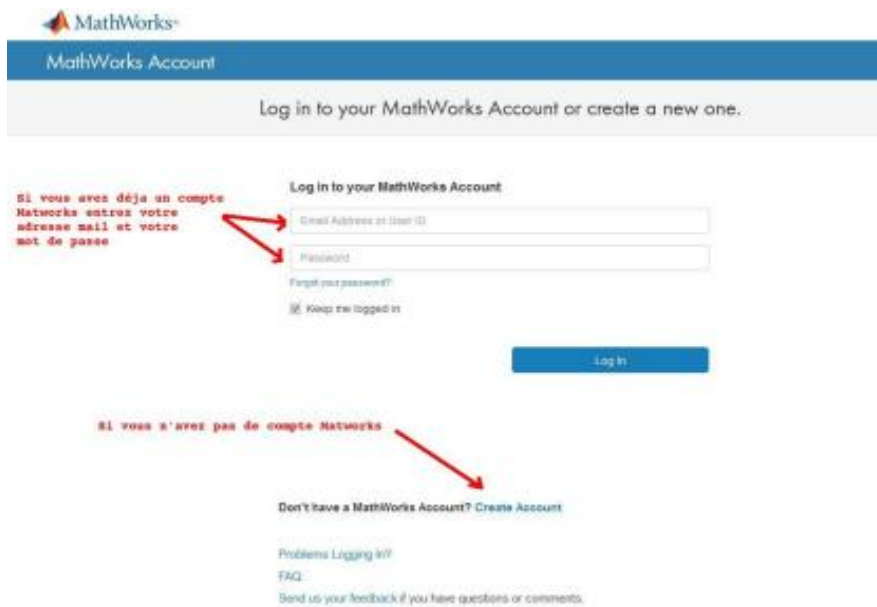
un réseau de drones dans un champs agricole de dimensions 100m de longueur et 100m de largeur, où nous avons étudié le nombre de nœuds mort par itération ainsi l'énergie moyenne et résiduelle consommées par les drones premièrement en variant le nombre de nœuds utilisé, la taille des paquets et l'énergie initiale

En plus de cela on a interpréter les résultats obtenus de chaque étude.

ANNEXE 1



Créer un compte mathworks.



- Remplir les champs Email Adress
- Sélectionnez votre pays
- Choisir votre activité (personal, non commercial Project, student)
- Certifiez que vous avez plus de 13 ans
- Validez en cliquant sur Create

- Confirmation en cliquant sur le mail envoyé par Matworks dans votre boîte à la lettre
- Renseignez la clé d'activation reçue pour valider votre compte

Etape 2 : installation

Connectez-vous et identifiez-vous sur le site Matworks

- Cliquez sur votre compte.
- Sélectionnez Mon compte.
- Cliquez sur le numéro de licence voulu.

The screenshot shows the MathWorks website interface. At the top right, a user account menu is open with options: 'Mon Compte', 'Licences associées', 'Mon profil', and 'Se déconnecter'. Below this, a table displays license information:

License	Label
40557153	Campus

Below the table are two buttons: '+ Associate to an additional license' and '+ Get a trial'. Red arrows labeled (1), (2), and (3) indicate the steps: (1) points to 'Mon Compte', (2) points to 'Mon compte', and (3) points to the license number '40557153'.

- Cliquez sur download.

The screenshot shows the license details page for license 40557153. It includes the following information:

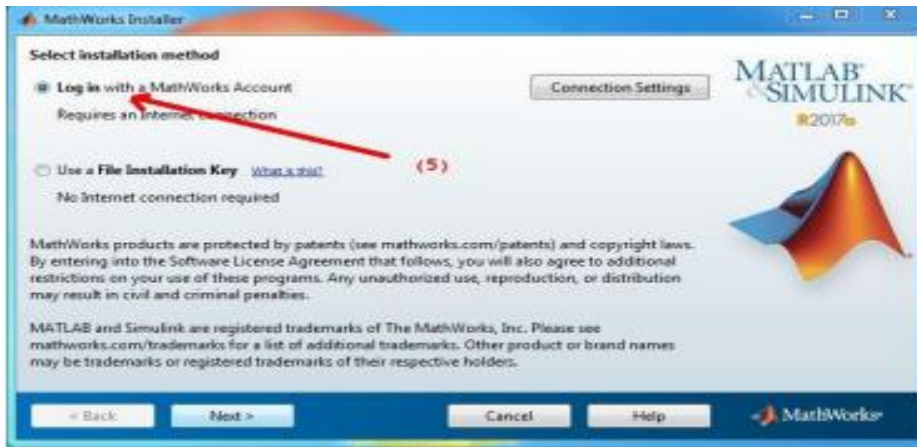
- License: 40557153
- Use Option: Academic - Total Headcount
- Master License: 3122351
- Term: Annual
- MATLAB Online: Access Now

Below this information are three tabs: 'Manage Products', 'Install and Activate', and 'Contact Administrator(s)'. A red arrow labeled (4) points to the 'Download' button in the 'Install and Activate' tab.

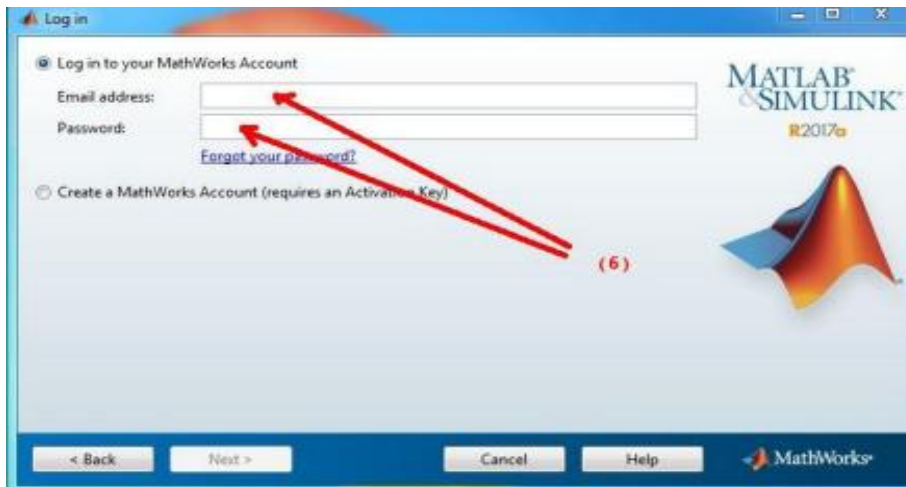
Product	Service End Date	Count
Standard Suite	31 Mar 2018	1
Communications System Toolbox	31 Mar 2018	1
Computer Vision System Toolbox	31 Mar 2018	1
Database Toolbox	31 Mar 2018	1
Dataview Toolbox	31 Mar 2018	1
Econometrics Toolbox	31 Mar 2018	1
Embedded Coder	31 Mar 2018	1
Financial Instruments Toolbox	31 Mar 2018	1
Financial Toolbox	31 Mar 2018	1

- Choisir la version à installer
- Choisir la plateforme prise en charge (Windows, Linux, Mac OS X).
- Téléchargez le programme d'installation.

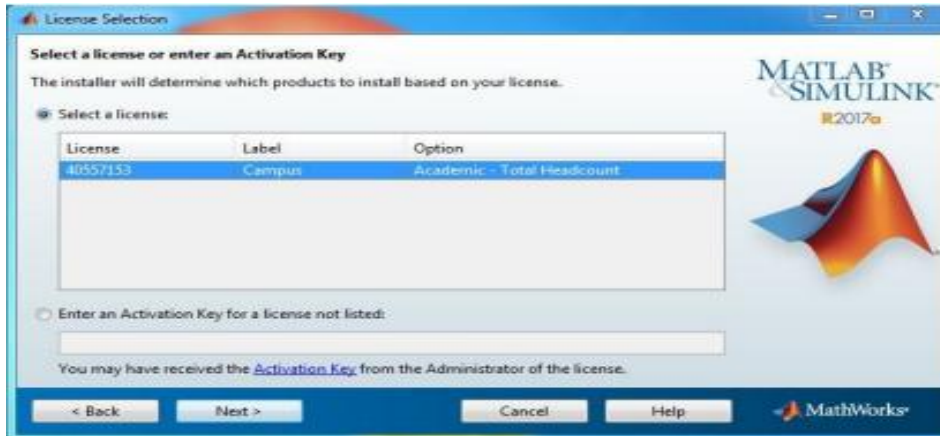
- Exécutez le programme d'installation.
- Sélectionnez Log in with a MathWorks Account.



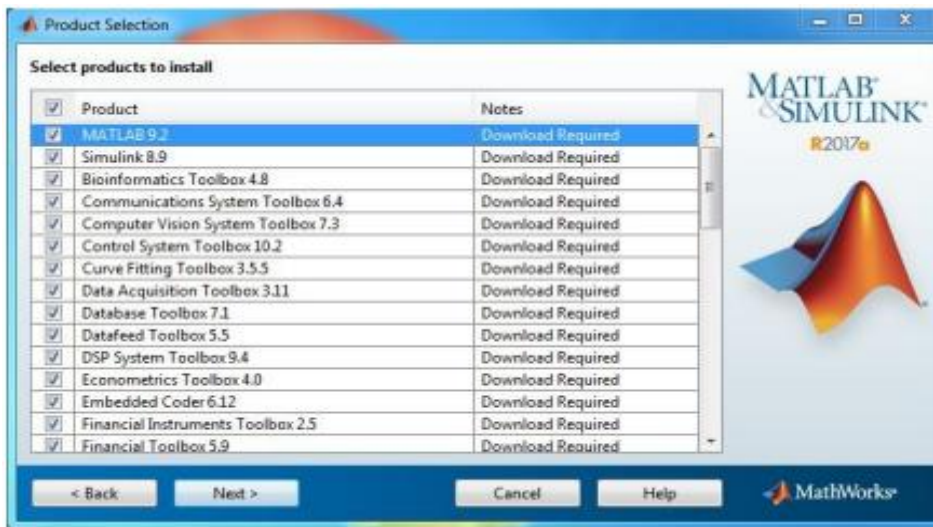
- Répondre Yes à la question Do you accept the terms of the licence Agreement?
- Remplir les champs mail Adress et Password.



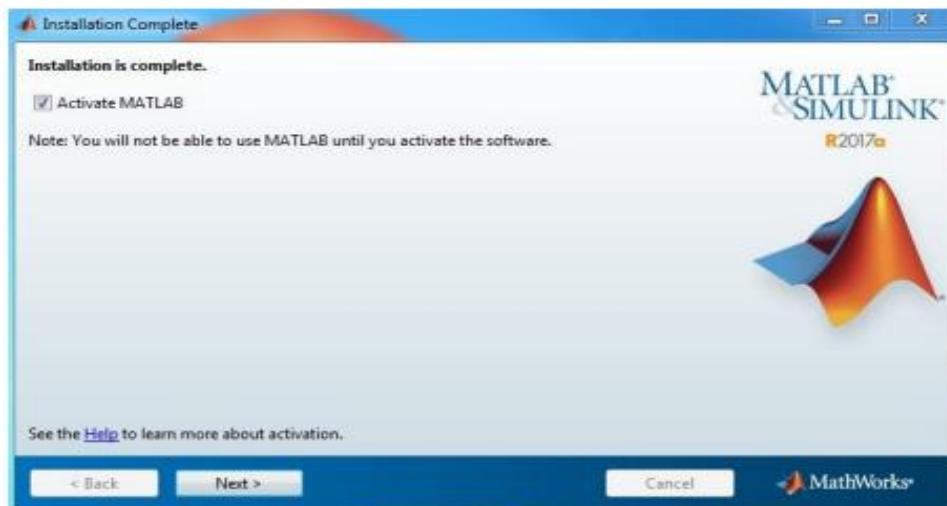
- Sélectionnez la licence Academic Total Headcount intitulée Campus



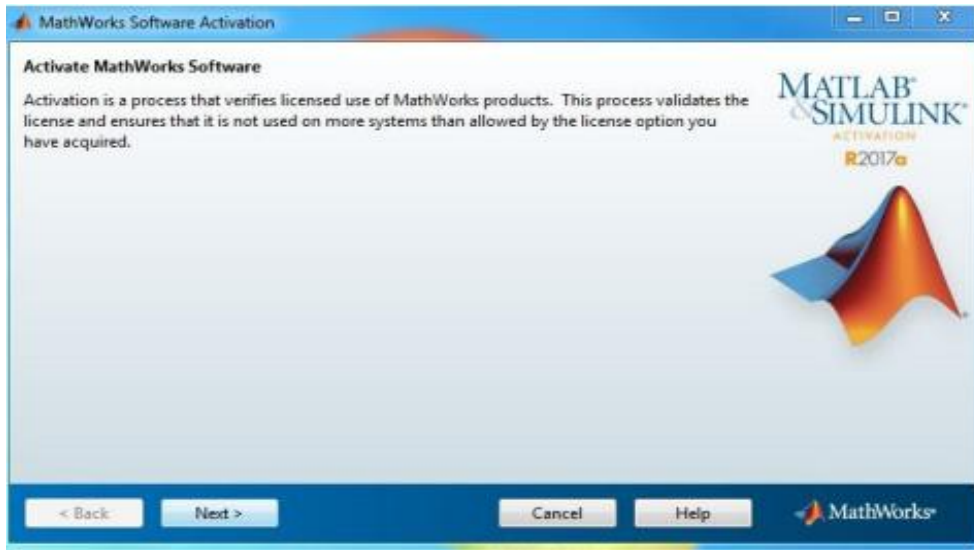
- Choisir si besoin les produits à installer



- Cochez la case Activate MATLAB



- Vérifiez et confirmer l'installation



- Confirmez l'installation en cliquant sur confirm

Perspective :

- Comparer de nos résultats avec littérature
- Essayer d'autre protocole de routage
- Définir un modèle de mobilité
- Varier de la vitesse
- Simuler avec d'autre paramètre de qualité de service

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

Référence bibliographique

1. **Networking, Omar Sami Oubbati. Intelligent routing protocols in Vehicular Ad hoc Networks.**
2. <https://bultin.com/>. [En ligne]
3. <https://www.britannica.com/>. [En ligne]
4. <https://filmora.wondershare.fr/>. [En ligne]
5. **Networking, Omar Sami Oubbati. Intelligent routing protocols in Vehicular Ad hoc Networks.**
6. <https://www.geoscan.aero/en>. [En ligne]
7. **These_ABDALLAH_UTBM.pdf.**
8. <https://www.unmannedsystemstechnology.com/>. [En ligne]
9. <https://www.studiosport.fr/>. [En ligne]
10. **Sahingoz2014_Article_NetworkingModelsInFlyingAd-Hoc.pdf.**
11. **Softwarization_of_UAV_Networks_A_Survey_of_Applications_and_Future_Trends.pdf.**
12. **A. Hourani, K. Sithamparamathan, and S. Lardner, “Optimal LAP altitude.**
13. *Ray Tracing for Radio Propagation Modeling*. **Yun, Z.**
14. *Air-Ground Channel Characterization for Unmanned Aircraft Systems—Part I: Methods, Measurements, and Models for Over-watersetting.* **David W. Matolak, Senior Member, IEEE, Ruoyu Sun, Member, IEEE.**
15. *UAV Path Planning for Passive Emitter Localization.* **KUTLUYIL DOGAN, 2 CAY, Senior Member, IEEE.**
16. *Optimization of UAV Heading for the Ground-to-Air Uplink.* **Feng Jiang, Student Member, IEEE, and A. Lee Swindlehurst, Fellow, IEEE.**
17. *Throughput Maximization for UAV-Enabled Mobile Relaying Systems.* **Yong Zeng, Member, IEEE, Rui Zhang, Senior Member, IEEE, and Teng Joon Lim, Senior Member, IEEE.**
18. *Joint Deployment of Small Cells and Wireless Backhaul Links in Next-Generation Networks.* **Xiangxiang Xu, Walid Saad, Senior Member, IEEE, Xiujun Zhang, Member, IEEE, Xibin Xu, Member, IEEE,.**
19. *UAV-Assisted Heterogeneous Networks for Capacity Enhancement.* **Vishal Sharma, Mehdi Bennis, Rajesh Kumar.**

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

20. *Optimal Transport Theory for Power-Efficient Deployment of Unmanned Aerial Vehicles*. **Debbah, Mohammad Mozaffari¹ Walid Saad¹ and Merouane.**
21. *A Tutorial on UAVs for Wireless Networks: Applications, Challenges, and Open Problems*. **Mohammad Mozaffari¹, Walid Saad¹, Mehdi Bennis², Young-Han Nam³, and Merouane Debbah¹.**
22. *Air-Ground Channel Characterization for Unmanned Aircraft Systems—Part I: Methods, Measurements, and Models for Over-water*. **David W. Matolak, Senior Member, IEEE, Ruoyu Sun, Member, IEEE.**
23. *Performance Analysis of Mobile Ad Hoc Unmanned Aerial Vehicle Communication Networks with Directional Antennas*. **Dong², Abdel Ilah Alshbatat¹ and Liang.**
24. *Performance Analysis of Micro Unmanned Airborne Communication Relays for Cellular Networks*. **Weisi Guo, Conor Devine, Siyi Wang[†].**
25. *Optimization of MANET Connectivity Via Smart Deployment/Movement of Unmanned Air Vehicles*. **Zhu Han, Member, IEEE, A. Lee Swindlehurst, Fellow, IEEE, and K. J. Ray Liu, Fellow, IEEE.**
26. *Energy Efficient Interference-Aware Resource Allocation in LTE-D2D Communication*. **Shahid Mumtaz, Kazi Mohammed Saidul Huq, Ayman Radwan, Jonathan Rodriguez, Rui L. Aguiar.**
27. *Brain-Aware Wireless Networks: Learning and Resource Management*. **Debbah, Ali T. Zadeh K.*Walid Saad*and Merouane.**
28. *Stochastic Optimization and Control Framework for 5G Network Slicing with Effective Isolation*. **Saad, Ali Taleb Zadeh Kasgari and Walid.**
29. *Energy Efficiency for Unmanned Aerial Vehicles*. **Uragun, Bailemir.**
30. *Energy-Efficient UAV Communication with trajectory optimization*. **Yong Zeng, Member, IEEE, and Rui Zhang, Fellow, IEEE.**
31. *Cooperative Hierarchical Caching in 5G Cloud Radio Access Networks*. **Tuyen X. Tran, Abolfazl Hajisami, and Dario Pompili.**
32. *Cyclical Multiple Access in UAV-Aided Communications: A Throughput-Delay Tradeoff*. **Jiangbin Lyu, Member, IEEE, Yong Zeng, Member, IEEE, and Rui Zhang, Senior Member, IEEE.**
33. *Design and Implementation of Embedded Printed Antenna Arrays in Small UAV Wing Structures*. **Mohammad S. Sharawi, Member, IEEE, Daniel N. Aloï, Senior Member, IEEE, and.**
34. *Cyclical Multiple Access in UAV-Aided Communications: A Throughput-Delay Tradeoff*. **Jiangbin Lyu, Member, IEEE, Yong Zeng, Member, IEEE, and Rui Zhang, Senior Member, IEEE.**
35. *A 3D MOBILITY MODEL IN FLYING AD HOC NETWORK FOR REAL-TIME EMERGENCY APPLICATIONS*. **F.Z. Rabahi, 1, 2,* S. Boudjit,2 M. Benaïssa,3 & C. Bemoussat4.**

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

36. *UAVs-Based Mobile Radars for Real-Time Highways Surveillance*. **Benaissa, Fatima Zahra Rabahi Saadi Boudjit ChemsEddine Bemoussat Mohamed.**

37. *Investigating the Impact of Mobility Models on MANET Routing Protocols*. **Abdullah1, Ako Muhammad.**

38. *SIMULATION ET MESURE DES PERFORMANCES DU PROTOCOLE DE ROUTAGE*. **Mehaoua, Nabil Tabbane Sami TabbaneAhmed.**

39. *Performance Evaluation of Ad Hoc Multicast Routing Protocols to Facilitate Video Streaming in VANETS*. **Muhammad Danish Khan1, Arshad Shaikh2, Hameedullah Kazi3.**

41. **C. D. Franco and G. Buttazzo**, "Energy-aware coverage path planning.

42. **M. Mozaffari, W. Saad, M. Bennis, and M. Debbah**, "Mobile unmanned.